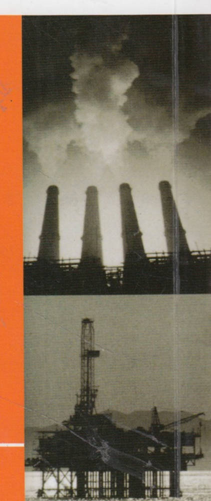
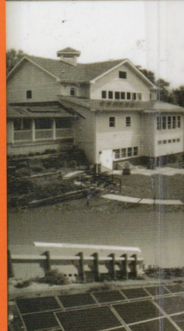


مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية



ثورة الطاقة

نحو مستقبل مستدام





ثـــورة الطـاقـــة

نحو مستقبل مستدام

Originally published under the title
Howard Geller, *Energy Revolution:
Politics for a Sustainable Future*

Published by arrangement with Island Press

محتوى الكتاب لا يعبر بالضرورة عن وجهة نظر المركز

الطبعة الأولى 2009

النسخة العادية ISBN 978-9948-14-164-8
النسخة الفاخرة ISBN 978-9948-14-165-5
النسخة الإلكترونية ISBN 978-9948-14-166-2

توجه جميع المراسلات إلى العنوان التالي:
مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

ص. ب: 4567
أبوظبي ـ دولة الإمارات العربية المتحدة

هاتف: +9712-4044541
فاكس: +9712-4044542

E-mail: pubdis@ecssr.ae
Website: http://www.ecssr.ae



مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

دراسات مترجمة 34

ثــورة الطــاقــة

نحو مستقبـل مستـدام

تأليف: هوارد جيلر

ترجمة: طارق بيلتو

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

أنشئ مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية في 14 آذار/ مارس 1994، بهدف إعداد البحوث والدراسات الأكاديمية للقضايا السياسية والاقتصادية والاجتماعية المتعلقة بدولة الإمارات العربية المتحدة ومنطقة الخليج والعالم العربي. ويسعى المركز لتوفير الوسط الملائم لتبادل الآراء العلمية حول هذه الموضوعات؛ من خلال قيامه بنشر الكتب والبحوث وعقد المؤتمرات والندوات. كما يأمل مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية أن يسهم بشكل فعّال في دفع العملية التنموية في دولة الإمارات العربية المتحدة.

يعمل المركز في إطار ثلاثة مجالات هي مجال البحوث والدراسات، ومجال إعداد الكوادر البحثية وتدريبها، ومجال خدمة المجتمع؛ وذلك من أجل تحقيق أهدافه المتمثلة في تشجيع البحث العلمي النابع من تطلعات المجتمع واحتياجاته، وتنظيم الملتقيات الفكرية، ومتابعة التطورات العلمية ودراسة انعكاساتها، وإعداد الدراسات المستقبلية، وتبني البرامج التي تدعم تطوير الكوادر البحثية المواطنة، والاهتمام بجمع البيانات والمعلومات وتوثيقها وتخزينها وتحليلها بالطرق العلمية الحديثة، والتعاون مع أجهزة الدولة ومؤسساتها المختلفة في مجالات الدراسات والبحوث العلمية.

المحتويات

استهلال

بدأت رحلتي في تأليف هذا الكتاب عام 1998 حينما كانت أسعار الطاقة منخفضة نسبياً، ولم تكن الطاقة قضية رئيسية. وكانت الولايات المتحدة الأمريكية والدول الغنية الأخرى تشهد نمواً اقتصادياً قوياً. وكان صانعو السياسة يحاولون جهدهم إيجاد حل للأزمة الاقتصادية في آسيا. وعلى الصعيد البيئي لقيت قضية ارتفاع درجة حرارة الأرض اهتماماً على المستوى الدولي، وفي ظل ازدياد انبعاث الغازات المسببة لها فقد اجتمعت دول العالم للحد من انبعاث الغازات مستقبلاً من خلال بروتوكول كيوتو، ولكن لم يكن واضحاً قط أن الأهداف التي رسمها بروتوكول كيوتو لتخفيض الانبعاث يمكن الوصول إليها، وحتى لو كانت تلك الأهداف قابلة للتطبيق؛ ما المسار الذي يجب أن يسلكه العالم لتحقيق ذلك في المرحلة الأولى، ثم الانتقال إلى أهداف أكثر صرامة فيما يتعلق بانبعاث الغازات؟

لقد حدث الكثير منذ عام 1998 واحتلت قضية الطاقة واجهة الأحداث. فقد تصاعدت أسعار النفط، وأصيبت كاليفورنيا والولايات المجاورة لها بصدمات سببها الارتفاع الحاد في أسعار الطاقة الكهربائية والنقص في توفيرها، ثم جاء انهيار شركة إنرون، وما تبعه من آثار مدمرة على الأسواق المالية. واحتدم الجدل في الولايات المتحدة بين إدارة الرئيس السابق بوش والكونجرس وأطراف أخرى ذات مصلحة حول تشريعات الطاقة الرئيسية، وجاء الإرهاب الذي تشرف عليه شبكة القاعدة ليذكرنا باعتمادنا الكبير على الطاقة المستوردة، وما يحمل ذلك في طياته من مخاطر اضطراب إمدادات النفط وصدمات الأسعار، وإمكانية تعرض أجزاء رئيسية من البنية التحتية الخاصة بقطاع الطاقة لعمليات إرهابية.

لقد أتى هذا الكتاب في فترة زمنية عصيبة حيث تتزايد الأدلة على أن الإنسان هو الذي يسبب ارتفاع درجة حرارة الأرض، وضمن هذا الإطار تمكن كثير من الدول والمناطق والشركات من تحقيق تقدم كبير على صعيد تخفيض انبعاث ما يسمى بغازات الدفيئة التي تسبب هذه المشكلة. وتزدهر أسواق تقنيات الطاقة النظيفة مثل طاقة الرياح وأنظمة الطاقة الشمسية الكهرضوئية وأنظمة إنارة الفلوريسنت المدمجة. ومن ناحية أخرى هناك جهات قوية تقوم بممارسة الضغوط من أجل المحافظة على النهج الحالي المتمثل في الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري، بما في ذلك الفحم والنفط، وهو ما يؤدي بدوره إلى تصاعد انبعاث غازات الدفيئة وتسارع ارتفاع درجة حرارة الأرض. ما المسار الذي سيسير عليه العالم؟

تناول كثير من الكتب والدراسات قضية التحول من الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة المتجددة، بالتزامن مع تحسين كفاءة الطاقة (ثورة الطاقة النظيفة) وأوضحت أنها مرغوبة وممكنة. غير أن تركيزها كان منصباً على التقنيات التي يمكن أن تساعد على تحقيق هذا التحول، وأغفلت دور السياسات والاستراتيجيات.

إنني أومن أن التحدي الحقيقي الذي نواجهه ليس تقنياً، حيث إن معظم تقنيات الطاقة النظيفة هي إما متوافرة تجارياً وإما بسبيل الإطلاق في الأسواق. ولكن التحدي الأكبر يكمن في كيفية التغلب على العوائق التي تقف في وجه التبني الواسع لهذه التقنيات في العقود المقبلة، وكيفية تنفيذ ثورة الطاقة النظيفة.

يهدف هذا الكتاب إلى سد هذه الثغرة، فقد تراكمت خلال العشرين سنة الماضية خبرات كبيرة في مجال تطوير السياسات اللازمة لتحسين كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة، وهذا ما يمكننا في الوقت الحالي من التنبؤ بكيفية إنجاز ثورة الطاقة خلال هذا القرن.

ويسعى هذا الكتاب إلى أن يكون شاملاً لعدد من الرؤى، فهو أولاً يغطي خبرات سياسات الطاقة في كل من الدول الصناعية والنامية، نظراً إلى أن إدارة سياسات الطاقة، والدروس الناتجة منها قد قدمتها كل من الدول الغنية والدول ذات الدخل المتوسط والدول الفقيرة على السواء. ويعالج هذا الكتاب ثانياً مجموعة من الأخطار الاقتصادية والبيئية التي يشكلها النهج الحالي في مجال الطاقة لو استمر على حاله مستقبلاً، ويتطرق بنفس الوقت إلى الانعكاسات الإيجابية لثورة الطاقة. وقد تطرق إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض والتلوث المحلي والإقليمي والمخاطر الأمنية والفقر المتفشي في العالم الثالث والمساواة في العالم. ويغطي هذا الكتاب ثالثاً، السياسات اللازمة لتحسين كفاءة الطاقة، واستخدام الطاقة المتجددة؛ وهما حجر الزاوية في ثورة الطاقة النظيفة.

إنه لمن دواعي سروري أن يكون هذا الكتاب محط اهتمام شريحة واسعة من القراء ابتداءً من صانعي السياسات إلى كبار رجال الأعمال، والعاملين في مجال البيئة، والطلاب. إنني آمل أيضاً أن يسترعي هذا الكتاب انتباه كثير من القراء، ليس في الولايات المتحدة الأمريكية فحسب، بل وفي مختلف أنحاء العالم. إن الانتقال نحو مستقبل مستدام للطاقة أمر يهم البشرية جمعاء، ويجب على كل فرد أن يكون له دور في ذلك، وأن تعمل كل دول العالم بشكل مشترك لتحقيقه. وبالنظر إلى المجال الواسع جداً لهذا الكتاب، فقد أوردت قائمة بالمراجع لمن يرغب في الاستزادة والبحث عن تفاصيل لسياسات أو قضايا معينة.

إيضاح عن وحدات الطاقة

اخترت استخدام وحدات الطاقة التقليدية الشائعة في كل منطقة أو دولة، فعلى سبيل المثال: تستخدم الولايات المتحدة الأمريكية كوادريليون وحدة حرارية بريطانية (كواد) (quadrillion Btus - quads)، وفي الصين يستخدم مليون طن مكافئ فحم (million tons of coal equivalent)، بينما يستخدم في البرازيل مليون طن مكافئ نفط (million tons of oil equivalent). وهذه الوحدات مألوفة للقارئ كل في منطقته. وتبين الفقرة التالية معاملات التحويل إضافة إلى توضيح لقيم مختلف وحدات الطاقة.

وحدات الطاقة

يعبر عن محتوى الطاقة للوقود والكهرباء بوحدات مختلفة من منطقة إلى أخرى في العالم، ونبين فيما يلي الوحدات المختلفة المستخدمة في هذا الكتاب مع ما يعادلها من الوحدات الأخرى:

كواد (quad) (كوادريليون وحدة حرارية بريطانية) = 1.055 إكساجول (EJ)

طن مكافئ نفط (toe) = 41.9 جيجاجول (GJ) = 39.7 مليون وحدة حرارية بريطانية (Btu)

برميل نفط (bbl) = 6.1 جيجاجول (GJ) = 5.8 ملايين وحدة حرارية بريطانية

طن مكافئ فحم (tce) = 29.3 جيجاجول (GJ) = 27.8 مليون وحدة حرارية بريطانية

كيلوواط ساعي (kW/h) = 3.6 ميجاجول (MJ) = 3412 وحدة حرارية بريطانية

واط = 1 جول في الثانية = 3.412 وحدات حرارية بريطانية في الساعة

لتوضيح هذه الوحدات من الناحية الكمية وإعطائها قيماً معبرة نورد فيما يلي مستويات نموذجية لاستهلاك الطاقة:

- تستهلك العائلة النموذجية في الولايات المتحدة حوالي 180 مليون وحدة حرارية بريطانية؛ أي ما يعادل 190 جيجاجول من الطاقة سنوياً (تشمل مفاقيد الطاقة أثناء توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية).
- تستهلك السيارة الأمريكية النموذجية أو الشاحنة الخفيفة حوالي 600 جالون من البنزين سنوياً؛ أي ما يعادل 75 مليون وحدة حرارية بريطانية أو 79 جيجاجول من الطاقة.
- تستهلك العائلة النموذجية الريفية في الدول النامية سنوياً نحو 38 مليون وحدة حرارية بريطانية (40 جيجاجول) من أشكال الوقود التقليدي (الخشب، بقايا المحاصيل، فضلات الحيوانات).
- إذا استخدم مصباح إنارة بقوة 60 واط بمقدار أربع ساعات يومياً، فهو يستهلك 88 كيلوواط ساعي في السنة.
- يستهلك البراد المنزلي النموذجي المستخدم حالياً في الولايات المتحدة نحو 900 كيلوواط ساعي سنوياً.
- مصطلح الطاقة الأولية primary energy الذي يرد ذكره بشكل متكرر في هذا الكتاب يشمل كل مفاقيد الطاقة أثناء توليد ونقل وتوزيع الوقود والكهرباء.

إضافة إلى ذلك فقد استُخدمت الاختصارات التالية المأخوذة من النظام المتري:

kilo (k)	ألف 10^3
mega (M)	مليون 10^6
giga (G)	مليار 10^9
tera (T)	تريليون 10^{12}
peta (P)	كوادريليون 10^{15}
exa (E)	إكسا 10^{18}

الفصل الأول

مقدمة

تعتبر الطاقة عصب الحياة، وهي الأساس الذي ترتكز عليه الحضارة الحديثة. نستخدمها في بيوتنا للتدفئة والتكييف والإنارة وطهو الطعام وحفظه، ونستخدمها في وسائط النقل والصناعة والزراعة وفي مجالات الحياة الأخرى كافة. إن المصدر الأساسي لمعظم هذه الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية والدول الصناعية الأخرى هو الوقود الأحفوري (النفط، الغاز، الفحم الحجري) والكهرباء.

تتوافر الطاقة التي يعتمد عليها العالم اليوم (الوقود الأحفوري والكهرباء) بكميات كبيرة، وتعتبر رخيصة الثمن، فمثلاً يتقارب سعر جالون البنزين وماء الشرب، طبعاً إذا وضعنا الضريبة جانباً. وحينما نقوم بتشغيل الإنارة أو أي جهاز كهربائي في منازلنا تحدث هذه العملية بكل بساطة بالضغط على زر معين، ولا يهمنا كثيراً كيف يجري توليد الطاقة الكهربائية، أو ما الآثار التي تحدث عقب ذلك، وحينما نقوم بتعبئة خزان سيارتنا بالوقود فإننا لا نفكر كثيراً من أين يأتي الوقود، ولا في تبعات حياتنا المعتمدة على الوقود الأحفوري.

تؤثر الطاقة في حياتنا من زوايا أخرى وبشكل غير مباشر، فالشركات المنتجة للطاقة، ومن بينها الشركات الكبرى المنتجة للنفط، ليست فقط من أكبر الشركات على مستوى العالم ولكن من أكثرها ربحاً أيضاً، ويمتد نفوذها ليتجاوز الحكومات ويصل إلى الاقتصاد العالمي، كما شاهدنا في أثناء الانهيار المثير لشركة إنرون. إن توزيع مصادر الطاقة والبحث عنها في أنحاء العالم يؤثر في العلاقات بين الشعوب، وتشهد على ذلك النزاعات المتكررة في منطقة الخليج بسبب النفط، والخلافات بين دول منظمة أوبك والدول المستوردة للنفط (Yergin 1991).

الفكرة الرئيسية الأولى لهذا الكتاب هي أن مصادر الطاقة الحالية وأشكال استخدامها غير مستدامة. إن الاعتماد المتزايد على الوقود الأحفوري سيؤدي إلى أضرار كبيرة على البيئة، وإلى تغيرات مناخية غير مسبوقة ونضوب سريع للنفط. من جهة أخرى فإن التوجه الحالي على صعيد إمدادات الطاقة والطلب عليها سيؤدي إلى تفاقم الفروقات والتوترات بين الدول، هذه التوترات التي تذكي النزاعات والاضطرابات الإقليمية، والتي تذكرنا بالهجوم على مركز التجارة العالمي والبنتاجون، وبالتالي فإن الاستمرار في السياسة الحالية للطاقة سيعرِّض مستقبل الأجيال القادمة للخطر.

أما الفكرة الثانية فهي أن ثورة الطاقة ليست فقط ممكنة، وإنما مطلوبة ويمكن تحقيقها من خلال تحسين كفاءة الطاقة، والاعتماد المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة؛ كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، وهو ما يساهم إلى درجة كبيرة في الحد من الآثار السلبية المرتبطة بالطاقة وتوجهاتها. ولكن الطريق نحو هذا الهدف في معظم أنحاء العالم ليس سهلاً في واقع الأمر ولكنه محفوف بعقبات كبيرة.

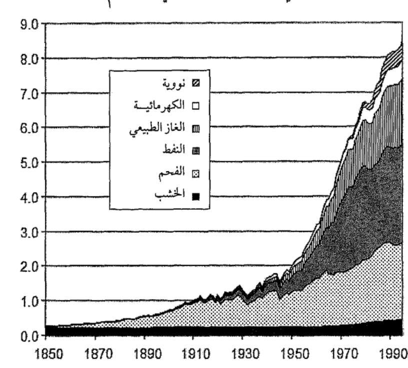
الفكرة الثالثة الأساسية لهذا الكتاب هي أنه بالإمكان التغلب على هذه العوائق من خلال سياسات عامة تنويرية. إن تراكم الخبرات المكتسبة من خلال تطبيق سياسات تعتمد على تحسين كفاءة الطاقة والتحول نحو الطاقة المتجددة يعطينا الكثير من الأمثلة والدروس الناجحة التي تشجعنا على اتخاذ مزيد من الإجراءات ضمن هذا الإطار. على أي حال فإن نشر سياسات الطاقة الناجحة إضافة إلى تضافر الجهود العالمية في هذا المجال سيعجِّل ولادة ثورة الطاقة، وبالتالي الوصول إلى مستقبل مستدام.

قبل مناقشة سياسات الطاقة المستقبلية وسيناريوهاتها، من المفيد أن نلقي الضوء على الاستهلاك العالمي للطاقة خلال القرن الماضي أو القرنين الماضيين. فقد ارتفع استخدام العالم للطاقة 20 ضعفاً منذ عام 1850، وعشرة أضعاف منذ عام 1900، وأكثر من أربعة أضعاف منذ عام 1950 (الشكل 1-1).

الشكل (1-1)

إمدادات الطاقة العالمية منذ عام 1850

إمدادات الطاقة العالمية
مليار طن مكافئ نفط



المصدر: Grubler 1998.

ساهم هذا الازدياد الكبير في استخدام الطاقة في تحقيـق النمـو الاقتـصادي وتحـسين مستوى المعيشة لنسبة لا يستهان بها من سكان العالم، ولكن ليس لكل سكان العالم الـذين يزدادون باطراد. لقد حدث معظم النمو في استهلاك الطاقـة خـلال المئـة سـنة الماضـية في العالم الصناعي حيث يعيش 20٪ من سكان العالم.

شهدت مصادر الطاقة واسـتخدامنا لهـا تحـولاً كبـيراً خـلال المئـة والخمـسين سـنة الأخيرة. إن معظم الطاقة التي كنا نستخدمها خلال القرن التاسع عشر كانـت مـن النـوع الحيوي (الخشب والفحم الخشبي ومخلفات الزراعة) والمعروفة بمصادر الطاقة التقليديـة. لقد ارتفع إنتاج الفحم الحجري بشكل كبير خلال النصف الثاني من القرن التاسع عـشر، بحيث أصبح الوقود المهيمن على مستوى العالم ولمدة 75 عاماً ابتداءً من عام 1890.

وقد أحدث استخدام الفحم في المحركات البخارية وتوليد الطاقة الكهربائية تغيراً كبيراً في الصناعة وفي الحياة أيضاً، على الأقل في الدول الأكثر تقدماً. أما النفط فقد بدأ إنتاجه بالارتفاع بشكل كبير عقب الحرب العالمية الثانية، ثم مالبث أن تربع على عرش مصادر الطاقة خلال 35 أو 40 سنة مضت. لقد غيّر استخدام المنتجات النفطية في وسائط النقل المختلفة، كالسيارات والحافلات والطائرات، من مفهوم التنقل. إضافة إلى ذلك فإن استخدام الغاز الطبيعي والطاقة النووية قد ازداد كثيراً خلال الثلاثين سنة الماضية. وبالتالي فإن العالم قد واجه تحولاً كبيراً في مجال الطاقة الذي ترافق وتحولات اجتماعية واقتصادية (Grubler 1998).

يغطي الوقود الأحفوري ما يعادل 80٪ من إمدادات الطاقة العالمية حالياً، ويتبوأ النفط المركز الأول بنسبة 35٪، ويأتي في المرتبة الثانية الفحم بنسبة 23٪، ثم الغاز الطبيعي بنسبة 21٪، بينما تساهم مصادر الطاقة المتجددة بنسبة 14٪ من إمدادات الطاقة العالمية ومعظمها يأتي من مصادر تقليدية.[1] وتشكل المصادر الحديثة للطاقة المتجددة مثل الطاقة الكهرمائية وطاقة الرياح والأشكال الحديثة من الطاقة الحيوية فقط ثلث إجمالي الطاقة المتجددة. أما الطاقة النووية فتشكل الستة بالمئة الباقية من إمدادات الطاقة العالمية (UNDP 2000).

مازال نحو ثلث سكان العالم (مليارا نسمة) يعتمدون بشكل كلي تقريباً على الأخشاب ومصادر الطاقة التقليدية الأخرى في تلبية احتياجاتهم من الطاقة. ولا تستخدم هذه العائلات الطاقة الكهربائية ولا المشتقات النفطية أو الغاز الطبيعي، وذلك أحد العوامل الرئيسية للفقر الذي تعيشه، وعلى النقيض من ذلك يستمر الأغنياء في العالم في زيادة استهلاكهم للطاقة سواء الأحفورية والكهرمائية، أو النووية وذلك لمختلف احتياجاتهم اليومية في المنازل ووسائط النقل الفارهة.

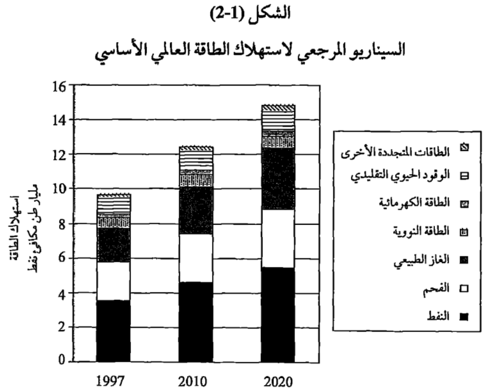
اتجاهات الطاقة الحالية وتبعاتها

في حال سارت الأمور على ما هي عليه الآن، تدل توقعات الطاقة على أن استهلاك العالم من الطاقة سيزداد بمعدل 2٪ سنوياً خلال العقود القادمة، فقد ورد في التقرير الصادر عن وكالة الطاقة الدولية (IEA) في معرض توقعاتها المستقبلية لاستهلاك الطاقة العالمي عام 2000: أن الطلب على الطاقة سيزداد بنسبة 54٪ بين عامي 1997 و2020 (الشكل 1-2)، (IEA 2000a).

يشير هذا التنبؤ إلى أن استهلاك النفط سيزداد بنسبة 56٪، والغاز الطبيعي بنسبة 86٪، والفحم بنسبة 49٪. وسيشكل الوقود الأحفوري ما يعادل 84٪ من إمدادات الطاقة الأساسية عام 2020 مقارنة بـ 80٪ عام 1997. من جهة أخرى سيستمر استهلاك الدول النامية من الوقود التقليدي بالتصاعد لكن بشكل أقل مما هو متوقع للوقود الأحفوري.

الشكل (1-2)

السيناريو المرجعي لاستهلاك الطاقة العالمي الأساسي



المصدر: IEA 2000a.

تشير توقعات أخرى إلى أنه في حال استمرار السياسات والتوجهات الحالية للطاقة فإن استهلاك الطاقة العالمي سيتضاعف بين عامي 1990 و2025، وسيصل إلى ثلاثة أمثاله عام 2050 مقارنة باستهلاك الطاقة عام 1990. ويتبع ذلك ارتفاع آخر في النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين (Nakicenovic, Grubler, and McDonald 1998).

يتوقع أن يكون معظم هذا النمو في البلدان النامية حيث تسود في الوقت الحالي معدلات النمو السكاني العالية بينما تكون معدلات استهلاك الطاقة متدنية. ويتوقع أيضاً أن تسبق الدول النامية الدول الصناعية فيما يتعلق بالاستهلاك الإجمالي للطاقة، وذلك بحلول عام 2025. لكن متوسط استهلاك الفرد من الطاقة سيرتفع في الدول الصناعية، وسيظل أعلى بكثير مما عليه الحال في الدول النامية، وذلك بالنسبة للتوقعات المرتكزة على التوجه الحالي للطاقة.

إن المستقبل الذي يعتمد على النمو المتسارع للوقود الأحفوري يضع أمام البشرية مجموعة من القضايا والتحديات الكبيرة التي سيتطرق إليها هذا الكتاب: مثل الكلفة الباهظة، وتلوث الهواء، وارتفاع درجة حرارة الأرض، والمخاطر الأمنية، ونضوب مصادر الطاقة، وعدم المساواة.

الكلفة الباهظة

يعد بناء محطات توليد الطاقة الكهربائية، وأنابيب النفط والغاز ومنشآت الإمداد بالطاقة الأخرى عملية مكلفة للغاية، وتشير الدراسات إلى أنه إذا استمر نمو الطلب العالمي على الطاقة ضمن حدود 2٪ سنوياً، فإن ذلك سيتطلب استثمارات كبيرة في مجال إمداد الطاقة تقدر بما هو بين 11 و13 تريليون دولار خلال الأعوام 2000–2020، ومبالغ إضافية أخرى تقدر بين 26 و35 تريليون دولار بين عامي 2020 و2050 (وذلك حسب قيمة الدولار عام 1998).[2]

يبلغ حجم هذه الاستثمارات (الذي يراوح بين 500 مليار دولار وتريليون دولار في السنة) من ضعفين إلى أربعة أضعاف حجم الاستثمارات في مجال إنتاج الطاقة وتحويلها على مستوى العالم خلال تسعينيات القرن الماضي. ويمكن للاستثمارات في مجال الإمداد بالطاقة أن تنمو لتصل إلى حوالي 7-9٪ من الناتج المحلي الإجمالي في الدول ذات الاقتصاديات المتحولة خلال العشرين عاماً القادمة (Nakicenovic 2000).

قد يكون متاحاً لبعض الدول زيادة استثماراتها في مجال الإمداد بالطاقة وتحويلها، لكن ذلك سيكون صعباً في كثير من الدول المتحولة والنامية، حيث تحتاج هذه الدول إلى الإنفاق في مجال واسع من الأولويات، مثل التعليم، والرعاية الصحية، وتعزيز الصحة العامة، وتنمية المناطق الريفية. إضافةً إلى أن الكثير من الدول المتحولة والنامية ترزح تحت عبء ثقيل من الديون، وتجد صعوبة كبيرة في جذب الاستثمارات من القطاع الخاص. وتحدّ هذه العوامل مجتمعة من الإنفاق في مجال الإمداد بالطاقة في كثير من الدول في آسيا وأفريقيا، وهذا ما يؤدي إلى عرقلة النمو الاجتماعي والاقتصادي في هذه الدول (Roger and Popescu 2000).

هناك أيضاً الشعور بكلفة الطاقة في الدول النامية والمتحولة على مستوى الفرد، حيث تخصص العائلة في الدول النامية جزءاً كبيراً من دخلها للطاقة متضمنة الكيروسين، والبطاريات، وأشكال الوقود الأخرى، وتستخدم هذه المصادر من الطاقة بشكل غير فعال على الإطلاق. كما تشكل فاتورة الطاقة في الدول الشيوعية سابقاً عبئاً ثقيلاً على كاهل العائلات هناك مقارنة بدخلها المتأكّل باستمرار بسبب تدني كفاءة الطاقة وهدرها، إضافة إلى خفض الدولة دعمها لأسعار الطاقة. وعلى سبيل المثال تذهب 40٪ من نفقات العائلة في أوكرانيا للطاقة (IEA 2001g).

ينطبق الشيء نفسه على العائلات الفقيرة في الدول الصناعية، حيث تستهلك نفقات الطاقة جزءاً مهماً من دخلها، ويعود ذلك بمجمله إلى أن هذه العائلات الفقيرة تعيش في بيوت لم يراعَ في تصميمها وبنائها النواحي المتعلقة بحفظ الطاقة. وتشكل نسبة ما تنفقه

العائلات الأفقر في الولايات المتحدة الأمريكية على الطاقة ما يعادل 12-26٪ من دخلها، مقارنة بمعدل ما تنفقه العائلات المتوسطة والغنية الذي لا يزيد على نسبة صغيرة جداً من دخلها (NCLC 1995). على أي حال، إذا سارت الأمور على ما هي عليه الآن فستستمر نسبة كبيرة من سكان العالم في هدر الطاقة وتسديد فواتير كبيرة لها.

تلوث الهواء المحلي والإقليمي

يسبب حرق الوقود الأحفوري يتلوث الهواء الذي يؤدي بدوره إلى الإضرار بالصحة العامة وخلق اضطراب للنظام البيئي. تتسبب النشاطات المرتبطة بالطاقة بطرح كثير من المواد الملوثة للغلاف الجوي، وتقارب نسبها من إجمالي ما يتسبب به الإنسان الآتي: 85٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت، و45٪ من الانبعاثات الجزيئية، و41٪ من انبعاثات الرصاص، و40٪ من انبعاثات المركبات الهيدروكربونية، و20٪ من انبعاثات أكاسيد النيتروجين (Holdren and Smith 2000). وتسبب ملوثات الهواء هذه بدورها في حدوث الأمطار الحمضية، والضباب الدخاني في المدن، وهباب الفحم الخطر، إضافة إلى ذلك يعتبر حرق الوقود الأحفوري من المصادر الرئيسية للمركبات الكيميائية السامة والمعروفة بكونها مسببة للسرطان (EPA 2002a).

يقدر عدد الأشخاص الذين يتعرضون لمستويات خطيرة من التلوث خارج منازلهم بحوالي 1.4 مليار شخص (Watson et al. 1998). ويراوح مستوى الجزيئات الملوثة في عديد من المدن الواقعة في جنوب شرق آسيا من ضعفين إلى خمسة أضعاف المستوى المحدد من قبل منظمة الصحة العالمية، بل تصل إلى مستويات أعلى من ذلك في بعض المدن في الصين والهند (Li 1999)، وذلك بسبب انخفاض كفاءة عملية الاحتراق ونقص في أنظمة التحكم بتلوث الهواء. وتتجاوز 80٪ من المدن الرئيسية في الصين المستويات المحددة من قبل منظمة الصحة العالمية بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكبريت، ويصل التلوث في بعض هذه المدن إلى أكثر من ثلاثة أضعاف المستوى المشار إليه (Li 1999). والشيء نفسه يقال عن

الملوثات الأخرى؛ فغالباً ما تتجاوز نسب التلوث بالرصاص، وأول أكسيد الكربون، وأكاسيد الآزوت، والمركبات العضوية المتطايرة المستويات الآمنة.

إن عواقب هذا التلوث خطيرة؛ حيث يزداد تلوث الهواء بشكل خاص في المدن متسبباً في وفيات تصل إلى 500 ألف شخص على مستوى العالم، وتصل إلى 5٪ من الوفيات في المناطق الحضرية في بعض الدول النامية (WHO 1997). وتقدر الوفيات المبكرة الناتجة عن تلوث الهواء في المناطق الحضرية في الصين نحو 170000-290000 شخص سنوياً، أما في الهند فيقدر الرقم بحوالي 90000-200000 شخص سنوياً (Holdren and Smith 2000). وإذا ما أُخذ بالاعتبار التأثير الاقتصادي للتلوث في الصحة في مدن الصين فإنه يتجاوز 20٪ من متوسط دخل العامل الصيني، ويصل إلى ما يقارب 50 مليار دولار (7٪ من الناتج المحلي الإجمالي) للصين بشكل عام (World Bank 1997).

إن تلوث الهواء الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري ليس محصوراً بالدول النامية بل يتعداه إلى الدول المتقدمة أيضاً. ففي دول الاتحاد الأوربي تقدر الأضرار الناتجة عن الانبعاثات من محطات توليد الطاقة بحوالي 70 مليار دولار سنوياً (Kerwitt et al. 1999). وتتركز هذه الأضرار على صحة الإنسان، والأبنية، والمحاصيل الزراعية، وهذا يكافئ 0.045 دولار لكل كيلوواط ساعي، ويعادل نصف متوسط سعر بيع كل كيلوواط ساعي بالتجزئة، ويشكل 1٪ من الناتج المحلي الإجمالي للاتحاد الأوربي. ويعود معظم هذه الكلف إلى التأثيرات السلبية في الصحة العامة، حيث يقدر أن تلوث الهواء يتسبب بحوالي 800000 حالة من الربو والتهاب القصبات الهوائية، ويتسبب أيضاً بما يقارب 40000 حالة وفاة سنوياً في النمسا و فرنسا وسويسرا (London and Romieu 2000).

انخفضت انبعاثات معظم المواد الملوثة للهواء في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العشرين سنة الماضية، لكن تلوث الهواء، وبخاصة ارتفاع مستويات الأوزون

والجزيئيات، يظل مشكلة في المدن. ويعيش 125 مليون أمريكي (حوالي 46٪ من السكان) في مناطق لم تتحقق فيها معايير الهواء على الأقل بالنسبة لأحد الملوثات عام (ALA 1999 2001). ويعاني مئات الآلاف من الأمريكيين جراء الربو وأمراض تنفسية أخرى بسبب المواد الجزيئية* المنبعثة من محطات توليد الطاقة ومصادر أخرى. ويؤدي التعرض المستمر لهذه الجزيئيات الدقيقة إلى ارتفاع معدلات الإصابة بالسرطان وأمراض القلب، ويتسبب بالوفاة المبكرة لأكثر من 30000 أمريكي كل سنة (Clean Air Task Force 2000).

ويزداد التلوث البيئي سوءاً بشكل خاص في المناطق التي يكون فيها إنتاج الطاقة عالياً. على سبيل المثال تعتبر كازاخستان من المنتجين الرئيسيين للنفط والغاز الطبيعي والفحم واليورانيوم، لكنها تعاني تلوثاً شديداً أصاب الهواء والتربة والمياه السطحية والجوفية (Dahi and Kuralbayeve 2001). لقد أثر التلوث تأثيراً شديداً في البحر الأسود ونظامه البيئي، إضافة إلى ذلك فقد ساهمت صناعة استخراج الوقود الأحفوري واليورانيوم في تلوث إشعاعي على نطاق كبير، لذلك تقاسي كازاخستان من أزمات على المستوى الصحي العام والبيئي بسبب التلوث المرتبط بالطاقة.

إذا كان عديد من الدول النامية يعاني تلوث الهواء الخارجي، فإن حالة الهواء داخل المنازل هي أسوأ وأشد خطراً على الصحة؛ بسبب عملية حرق الأخشاب والمخلفات الزراعية لاستخدامها في إعداد الطعام والتدفئة. وتتعرض العائلة الريفية في جنوب أفريقيا لمعدلات عالية من المواد الجزيئية نتيجة حرق الأخشاب لاستخدامها للتدفئة والطهو داخل المنزل تزيد 13 مرة على الحد الأعلى الذي توصي به منظمة الصحة العالمية.

وأظهرت الأبحاث المتعلقة بالأوبئة أن معدل إصابة الأفراد الذين يتعرضون لهذه المستويات من المواد الجزيئية بأمراض تنفسية يصل إلى خمسة أضعاف نظيره عند أولئك

* المواد الجزيئية Particulate Matter (PM) هي جسيمات الوقود غير المحترقة التي تشكل الدخان أو هباب الفحم، وفي حال استنشاقها تترسب على جدار الرئة. (المترجم)

الذين يعيشون في بيئة طبيعية (Spalding-Fecher, Williams, Van Horen 2000). وفي جنوب أفريقيا أيضاً تتعرض العائلة التي تستخدم الفحم للتدفئة والطهو لمستويات خطيرة من الجزيئيات.

يتسبب تلوث الهواء داخل المنازل بوفاة 1.8 مليون شخص سنوياً بشكل مبكر على مستوى العالم، ولاسيما بين النساء والأطفال (WHO 1997)، طبقاً لمنظمة الصحة العالمية وخبراء آخرين. ويزيد هذا الرقم بمقدار 3-4 أمثال الوفيات الناتجة عن تلوث الهواء الخارجي على مستوى العالم بأسره. ويتسبب التلوث داخل المنازل في الهند وحدها بحوالي 500000 حالة وفاة مبكرة بين النساء والأطفال (Hodren and Smith 2000). وتزيد هذه الوفيات على تلك التي تتسبب بها مجموعة من الأمراض والأوبئة المنتشرة في الهند مجتمعة مثل الملاريا والإيدز وأمراض القلب والسرطان.

إن النمو المتسارع لاستخدام الوقود الأحفوري خلال القرن الحالي يمكن أن يتسبب في تفاقم مشكلات تلوث الهواء، وهذا يؤدي بدوره إلى عواقب سلبية على الاقتصاد والصحة العامة. فمع الاستخدام المتزايد للوقود الأحفوري وعدم التصدي لمشكلة التلوث بالشكل اللازم فإن مواصفات الهواء الخارجي ستزداد سوءاً، وسينعكس ذلك بشكل سلبي وكبير على الصحة العامة، وإنتاج الغذاء، والنظام البيئي في آسيا خلال العشرين عاماً المقبلة (Nakicenovic, Grubler and McDonald 1998).

يتوقع أيضاً في حال استمرار النهج الحالي فيما يتعلق بالطاقة أن يستمر مليارات الأشخاص في حرق الأخشاب وأشكال الوقود التقليدي الأخرى لاستخدامها للطهو والتدفئة، مع ما يرافق ذلك من معدل عالٍ لانتشار الأمراض التنفسية وزيادة الوفيات المبكرة.

ارتفاع درجة حرارة الأرض

يتراكم أكسيد الكربون وبقية الغازات المسببة لظاهرة الدفيئة في الغلاف الجوي ويتسبب تراكمها في ارتفاع درجة حرارة الأرض، فقد ارتفع مستوى غاز أكسيد الكربون في الغلاف الجوي منذ الحقبة ما قبل الصناعية بنسبة 31٪، وارتفع مستوى غاز الميثان بنسبة 151٪. ووصل تركيز غاز أكسيد الكربون اليوم إلى مستوى لم يسبق أن وصله منذ 420000 عام، ومعدل الزيادة الحالي لم يسبق له مثيل خلال العشرين ألف سنة الماضية على الأقل (IPCC 2001a).

نتيجة لتراكم أكسيد الكربون والغازات الأخرى المسببة للدفيئة ارتفعت درجة حرارة الأرض بمقدار 1.1 درجة فهرنهايت (0.6 درجة مئوية) خلال القرن الماضي (الشكل 1-3) (IPCC 2001a). إضافة إلى أن عقد التسعينيات الماضي كان من أكثر العقود ارتفاعاً في درجة الحرارة المسجلة، فقد بلغت درجة الحرارة المسجلة عام 1998 الأعلى خلال الألف سنة الماضية، تبعها عام 2001 حيث احتل المرتبة الثانية (ENS 2001c).

إن النشاطات المرتبطة بالطاقة، وبخاصة احتراق الوقود الأحفوري، تشكل نسبة 78٪ من انبعاثات أكسيد الكربون، وحوالي 23٪ من انبعاثات الميثان التي يتسبب بها الإنسان (Holdren and Smith 2000). ويعد أكسيد الكربون والميثان مسؤولين عن 80٪ من ارتفاع درجة حرارة الأرض الذي حدث منذ الحقبة ما قبل الصناعية، بسبب انبعاث الغازات التي تتمتع بثبات طويل في الغلاف الجوي. ويشكل أكسيد الكربون في الولايات المتحدة 85٪ من مجمل انبعاثات غازات الدفيئة التي عالجتها الأمم المتحدة في معاهدة التغيرات المناخية (الجدول 1-1).

تنتج النشاطات المرتبطة بالطاقة أيضاً انبعاثات من مواد ملوثة أخرى من مركبات الكبريت والجزيئيات، إضافة إلى تشكل الأوزون في طبقة التروبوسفير، وهذه كلها تلعب

دوراً في ارتفاع درجة حرارة الأرض. وبالنظر إلى ارتفاع درجة الحرارة الذي حدث خلال القرن الماضي والعقد الأخير بالتحديد، فقد توصل العلماء إلى أن نشاطات الإنسان كانت هي السبب وراء الجزء الأكبر من ارتفاع درجة الحرارة (IPCC 2001a).

بدأت الآثار السلبية لارتفاع درجة حرارة الأرض بالظهور، ومنها التغيرات المناخية الشديدة؛ مثل الجفاف والفيضانات وموجات الحر الشديدة، وما تسببه من وفيات وضرر بالممتلكات والمحاصيل الزراعية. وتزايدت الخسائر الاقتصادية الناتجة عن تطرف أحوال الطقس على مستوى العالم في القرن الماضي عشرة أضعاف؛ أي من أربعة مليارات دولار سنوياً خلال الخمسينيات إلى أربعين مليار دولار سنوياً خلال عقد التسعينيات (IPCC 2001b).

ويؤدي ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى ارتفاع مستوى البحار الذي يؤثر سلباً في سكان الجزر المنخفضة والمناطق الساحلية، فارتفع متوسط مستوى البحر من 0.1 إلى 0.2 متر خلال القرن العشرين. إضافة إلى ذلك يؤدي ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى تراجع الكتل الجليدية وتقلص الغطاء الثلجي في القارة القطبية، ويعتقد أنها تسبب الضرر للأنظمة الطبيعية التي هي بالأصل معرضة للخطر مثل الحيد المرجاني، والشعب المرجانية، وأشجار القرم الاستوائية، والغابات الموجودة في المناطق الشمالية والاستوائية من الكرة الأرضية (IPCC 2001b, DOS 2002).

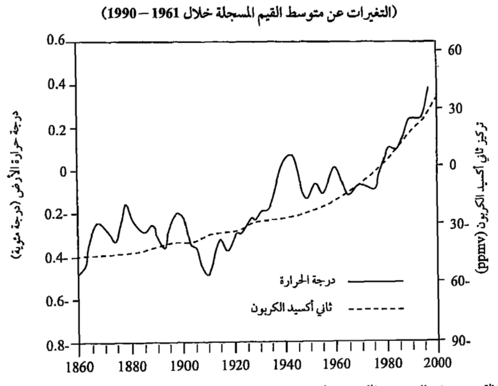
إذا استمرت التوجهات الحالية بالنسبة لإمدادات الطاقة والطلب عليها، فإن تغيرات كبيرة في معدل ارتفاع درجة حرارة الأرض ستحدث خلال القرن الحادي والعشرين. فسيرتفع مستوى أكسيد الكربون بمعدل 2 إلى 2.5 مرة عام 2050، وسيراوح المعدل من 2.5 إلى 3.5 بحلول 2100 بفرض أن الوقود الأحفوري هو المهيمن في المستقبل. ومع ازدياد انبعاثات أكسيد الكربون، تمتص المحيطات والأرض جزءاً يسيراً منه، ويتسارع تراكمه في الغلاف الجوي وقد يصل إلى 700–970 جزءاً من المليون بالحجم بحلول عام

2100 (IPCC 2001a, Nakicenovic, Grubler, and McDonald 1998). وتزيد هذه النسبة من أكسيد الكربون على كمية الغاز التي كانت سائدة قبل الحقبة الصناعية بمقدار 2.5–3.5 مرات. ومع تراكم الغازات الأخرى المسببة لظاهرة الدفيئة، فإن ذلك سيؤدي إلى ارتفاع في درجة الحرارة الوسطية لسطح الأرض يراوح بين 2.5 و10 درجات فهرنهايت (1.4–5.8 درجات مئوية) وفقاً لأحدث التقديرات (IPCC 2001a).

الشكل (1-3)

ارتفاع متوسط درجة حرارة سطح الأرض وتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ما بين عامي 1860 – 2000

(التغيرات عن متوسط القيم المسجلة خلال 1961 – 1990)



ملاحظة: ppmv تشير إلى جزء من المليون من الحجم.

المصدر: HURRELL 2002.

إن ارتفاع درجة الحرارة حتى ضمن الحدود الدنيا لهذا المجال يمكن أن يكون له تأثير مدمر على أكثر من صعيد، فستزداد حدة الأحوال غير الطبيعية للطقس وتواترها؛ مثل

الجفاف والعواصف والأعاصير، وستنتشر الأمراض والأوبئة كالملاريا وحمى الضنك، وتزداد نسبة الوفيات جراء موجات الحر الشديدة، ويتدهور الإنتاج الزراعي في معظم المناطق المأهولة، ويتدهور النظام البيئي العالمي (IPCC 2001b).

الجدول (1-1)

التوجهات الحديثة لانبعاثات غازات الدفيئة في الولايات المتحدة الأمريكية

الانبعاثات السنوية (مليون طن متري مكافئ كربون)

الغاز	1990	1995	2000
أكسيد الكربون	1363	1447	1593
الميثان	178	179	168
أكاسيد النيتروجين	106	114	116
HFC_S, PFC_S, SF_6	26	27	33
المجموع	1672	1768	1909

ملاحظة: HFC_S= مركبات الهيدروفلوروكربون. PFC_S= مركبات البيرفلوروكربون. SF_6= سادس كبريتات الفلور.
المصدر: EPA 2002b .

ومن الممكن أن يؤثر ذلك أيضاً في تساقط الأمطار والثلوج، فعلى سبيل المثال سيؤدي انخفاض معدل الثلوج في الولايات الغربية من الولايات المتحدة الأمريكية إلى شح المياه في هذه المناطق شبه الجافة (DOS 2002). وينتج عن ذلك أيضاً ارتفاع في مستوى البحار بحوالي 90 سنتيمتراً في هذا القرن، ما يؤدي إلى حدوث فيضانات في المناطق المنخفضة وغمر للجزر يترتب عليه نزوح عشرات الملايين من الناس. وتقدر الكلفة الاقتصادية لهذه الأضرار بحوالي 300 مليار دولار سنوياً بحلول عام 2050، وهذا ما يعادل 1.5٪ من إجمالي الناتج العالمي وفقاً لتقديرات إحدى شركات التأمين العالمية (ENS 2001a). ومما لا شك فيه أن النتائج السلبية لهذه التغيرات ستصيب الدول الفقيرة أكثر من غيرها لأنها أكثر تعرضاً لها (يتوقع أن ينخفض الإنتاج الزراعي في معظم الدول الاستوائية وشبه الاستوائية). إضافة إلى ذلك فإن موارد الدول النامية محدودة لمواجهة التغيرات المناخية.

إن توقعات ارتفاع درجة حرارة الأرض خلال القرن الحادي والعشرين المرتكزة على توجهات الطاقة الحالية يمكن أن تؤدي إلى تغيرات بيئية كارثية وغير قابلة للإصلاح. وتتضمن هذه التغيرات المحتملة انخفاضاً ملحوظاً أو حتى توقف جريان مياه المحيط التي تحمل الماء الدافئ إلى القطب الشمالي، وانهيار الطبقات الجليدية المغطية للجانب الغربي من القطب الشمالي، وهو ما سيؤدي إلى ارتفاع في مستوى البحار لعدة أمتار، وفقدان السيطرة على ظاهرة ارتفاع درجة حرارة الأرض بسبب التراكم المتزايد لأكسيد الكربون وانطلاق الكربون من المناطق المتجمدة، و/ أو انطلاق غاز الميثان من المناطق الرطبة في الشواطئ الطميية (Holdren and Smith 2000).

إن احتمال حدوث هذه التغيرات مازال مجهولاً وضئيلاً، لكن هذا الاحتمال سيزداد إذا تراكم أكسيد الكربون بسرعة في الغلاف الجوي، وارتفعت درجة حرارة الأرض بشكل كبير أثناء القرن الحادي والعشرين وبعده.

حتى لو لم تحدث هذه الكوارث فإن زيادة انبعاث أكسيد الكربون، والارتفاع المستمر لدرجة حرارة الأرض سيفضيان حتماً إلى ذوبان الجليد القطبي، وتمدد المحيطات حرارياً خلال قرون متعددة، وهذا يؤدي بدوره إلى ارتفاع في منسوب البحار على الأقل لعدة أمتار خلال الألف سنة القادمة أو نحوها. ويتأخر ظهور هذه النتائج لأن هناك تأخيراً زمنياً بين ارتفاع درجة حرارة الأرض وارتفاع منسوب البحار، لكن بعضها مرتبط ببعض من خلال ارتفاع درجة الحرارة على المدى القصير (Mahlman 2001). إن ارتفاع مستوى البحار بهذا الشكل سيؤدي إلى غمر مناطق واسعة، ويضع البشرية أمام تحديات كبيرة.

المخاطر الأمنية

تعتمد الولايات المتحدة الأمريكية والدول الصناعية الأخرى إلى حد كبير على استيراد النفط لتلبية احتياجاتها المتزايدة من الطاقة، وهذا ما يجعل اقتصاديات الدول

الغربية عرضة للخطر جراء تحديد سعر النفط من قبل منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك)، ولصدمات النفط المحتملة. إضافة إلى أنها تشكل تهديداً للأمن القومي بسبب احتمال حدوث اضطراب في إمدادات النفط، والتدخل العسكري للحفاظ على إمدادات النفط الحيوية، وما يترتب على ذلك من آثار جانبية لهذا الوجود العسكري الكبير. في الواقع، لقد حدث خلال الخمسين عاماً المنصرمة أربعة عشر اضطراباً شديداً في إمدادات النفط في منطقة الخليج، معظمها مرتبط بالنزاعات السياسية والعسكرية في منطقة الشرق الأوسط (IEA 2001h).

لقد كلفت صدمات النفط السابقة الولايات المتحدة الأمريكية آلاف المليارات من الدولارات بسبب ما أعقب ذلك من تضخم وركود، وانتقال الثروة إلى الدول التي تحتكر أسعار النفط (Green and Leibly 1993). تنفق الدول الغربية كل عام عشرات المليارات من الدولارات لحماية إمدادات النفط في الشرق الأوسط (UCS 2002). وقد أُنفقت مئات المليارات من الدولارات في حرب الخليج 1990-1991، حيث خيضت هذه الحرب بشكل أساسي لحماية إمدادات النفط (Khatib 2000).

ويتوقع أن يزداد اعتماد دول منظمة التعاون الاقتصادي (OECD) على النفط المستورد من 54٪ عام 1997 إلى 70٪ عام 2020، إذا ما حوفظ على التوجهات الحالية للطاقة (IEA 2000a).[3]

ويتوقع أيضاً أن يزداد اعتماد الدول الآسيوية على النفط المستورد خلال العشرين سنة القادمة، وسترتفع حصة دول الخليج الأعضاء في أوبك من الإنتاج العالمي للنفط من 26٪ عام 1997 إلى 41٪ عام 2020، وذلك حسب سيناريو توقع استهلاك الطاقة العالمي لعام 2000. وبالنظر إلى الدور الذي تلعبه أوبك وعدم الاستقرار السياسي في منطقة الخليج فإن الدول المستوردة للنفط ستواجه تحديات أكبر، سواء على المستوى الاقتصادي أو الأمني إذا ما تحقق هذا السيناريو.

ولا يمكن الفصل بين الهجمات الإرهابية على برج التجارة العالمي والبنتاجون وبين اعتمادنا الكبير على النفط المستورد. إذ تمول عائدات النفط الجماعات الإرهابية كشبكة القاعدة ونظام صدام حسين [السابق] في العراق. وقد أثار وجود الجنود الأمريكيين في السعودية غضب أسامة بن لادن، وهو الوجود المدفوع بعطشنا للنفط وقلقنا على الاستقرار في المنطقة (Krugman 2001).

إن البنية التحتية لإمدادات النفط هي نفسها ليست في منأى عن العمليات الإرهابية، وتعتبر أنابيب النفط الرئيسية مثل أنبوب النفط الذي يعبر ألاسكا، وأماكن تعبئة ناقلات النفط، والكميات الكبيرة من النفط التي تتدفق عبر منطقة ضيقة مثل الخليج من الأهداف الرئيسية (Banerjee 2001)، فالنفط المتدفق عبر أنبوب النفط الذي يعبر ألاسكا قد أُوقف عدة مرات، كان آخرها بعد هجمات 11/ 9 بوقت قصير، حيث أُوقف ضخ النفط فيه لمدة ثلاثة أيام عقب ذلك، بسبب قيام رجل مخمور بإطلاق النار على الأنبوب، وهو ما أدى إلى تسرب حوالي 7000 برميل حتى كُشف عن التسرب (ENS 2001).

إن الأجزاء الرئيسية لمنشآتنا الخاصة بشبكة التغذية الكهربائية بما فيها منشآت الطاقة النووية وخطوط نقل الطاقة الرئيسية أيضاً عرضة للهجوم. فتحطم طائرة أو انفجار قنبلة في محطة توليد طاقة نووية أو في موقع تخزين الوقود النووي المستنفد، على سبيل المثال، سيؤدي إلى انفلات كميات كبيرة من النظائر المشعة، التي من الممكن أن تتسبب في مقتل وجرح عشرات الآلاف من السكان حول المنشأة، أو الذين يسكنون في اتجاه هبوب الهواء من المحطة عليهم (ENS 2001d, UCS 2002).

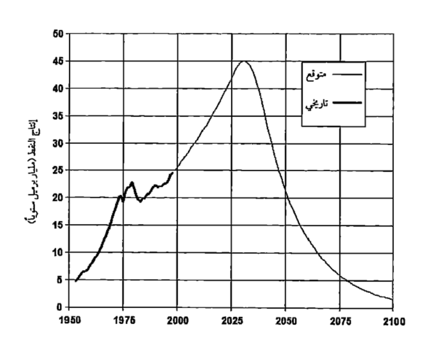
إضافة إلى ذلك، من الممكن لتقنيات الطاقة النووية؛ مثل تخصيب اليورانيوم ونشاطات إعادة معالجة البلوتونيوم، أن تساهم في انتشار الأسلحة النووية، سواء من خلال جهود منظمة بإشراف دولة ما، أو تحويلها إلى أسلحة نووية من قبل أفراد (Williams 2000).

نضوب المصادر

وصل إنتاج النفط في الولايات المتحدة الأمريكية إلى ذروته عام 1970، وانخفض بمقدار 30٪ بحلول عام 2000، وهو ما يعني ببساطة أن النفط الذي يمكن استخراجه اقتصادياً في الولايات المتحدة بدأ ينضب. ويبقى هذا صحيحاً، سواء سمح بالتنقيب في المحمية الطبيعية الوطنية في القطب الشمالي (ANWR)* أو في المناطق الأخرى الحساسة بيئياً (Geller 2001) .

الشكل (1-4)

الإنتاج العالمي المتوقع من النفط استناداً إلى المسح الجيولوجي الأمريكي الذي يقدر احتياطيات النفط القابلة للاستخراج بحوالي 3 تريليونات برميل



المصدر: EIA 2000a.

* تقع المحمية الطبيعية الوطنية في القطب الشمالي في شمال شرق ألاسكا وتمتد على مساحة 79318 كم^2، وتمت حمايتها بموجب الأمر الذي صدر عن إدارة الرئيس أيزنهاور عام 1960. (المترجم)

سيتّبع إنتاج النفط العالمي المسار نفسه، حيث سيصل إلى ذروته خلال العقود القادمة ثم يبدأ بالانخفاض نتيجة نضوب المصدر، ومازال توقيت ذلك موضع جدال، هل سيصل الإنتاج إلى ذروته في وقت قريب خلال السنوات العشر القادمة أو سيتأخر ذلك إلى العقود القليلة التالية؟ أعطى التقرير الجيولوجي الأمريكي تقديراً متفائلاً لاحتياطي النفط العالمي القابل للاستخراج، بما يعادل ثلاثة تريليونات برميل، بفرض أن الطلب العالمي على الطاقة يزداد بمقدار 2٪ سنوياً، إذ يصل إنتاج النفط إلى ذروته عام 2030 (الشكل 1-4) (IEA 2000a). ويعتقد بعض الخبراء أن هذا التقدير مبالغ فيه، وأن الكمية التي يمكن استخراجها لا تتجاوز تريليوني برميل فقط (Campbell and Laherre1998, Deffeyes 2001).

وفق هذا التقدير سيصل الإنتاج العالمي إلى ذروته عام 2010، وما يؤكد صحة ذلك الانخفاض المستمر في الاكتشافات النفطية على مستوى العالم خلال الثلاثين عاماً الماضية (Bentley 2002). وعندما يصل إنتاج النفط إلى ذروته فإنه يتوقع أن يبدأ بالتناقص بنسبة تقارب 3٪ سنوياً، وذلك مع ازدياد صعوبة استخراج الكميات المتبقية (Bentley 2002). في الوقت نفسه ستبدأ أسعار النفط بالارتفاع بشكل قفزات مع انخفاض الإنتاج ما لم يتوافر وقود بديل وبكميات كبيرة.

هناك احتياطيات نفطية كبيرة غير تقليدية؛ كالزيت الحجري ورمال القطران في العالم (Rogner 2000). وقد بدأ عديد من شركات النفط بالتنقيب عن هذه الاحتياطيات على اعتبار أنها امتداد طبيعي للنفط التقليدي، لكن تطوير هذه المصادر على نطاق واسع عملية مكلفة جداً، وتسبب أضراراً فادحة للبيئة، وتساهم بشكل كبير في رفع درجة حرارة الأرض. إن الانبعاثات الناتجة عن استخراج هذه المصادر ومعالجتها ثم حرقها بالنسبة لوحدة الطاقة أكبر بكثير مقارنة بالنفط التقليدي (Campbell and Laherre 1998, Williams 2001)، لذلك لا تعتبر مصادر النفط غير التقليدية من الخيارات المشجعة.

لا يعد نضوب الفحم والغاز الطبيعي قضية كما هي الحال بالنسبة للنفط، حيث إن احتياطيات الفحم الحالية مع ما يمكن اكتشافه في المستقبل يمكن أن تدوم لمئات السنين في ظل المعدل الحالي للإنتاج (Rogner 2000). إن القيود المفروضة على إنتاج الفحم واستخدامه على المستوى المنظور بيئية بحتة، وتتمثل أساساً في التسبب في ارتفاع درجة حرارة الأرض. الشيء نفسه ينطبق على الغاز الطبيعي، فمع تطور تقنيات استخراجه من الممكن أن تدوم احتياطياته مئات من السنين القادمة في ظل معدلات الإنتاج الحالية (Rogner 2000). إضافة إلى ذلك هناك كميات هائلة غير تقليدية من الغاز الطبيعي في طبقات الأرض المائية، وفي المناطق المتجمدة القطبية، وتحت قاع المحيطات، مع أن تقنيات استخراجه بشكل اقتصادي غير متوافرة حالياً، لكن يمكن لهذه التقنيات أن ترى النور في المستقبل.

عدم المساواة

إن استهلاك الطاقة موزع بشكل غير منتظم حول العالم شأنه شأن الدخل. ويبين الجدول (1-2) استهلاك الفرد من الطاقة التجارية لمختلف مناطق العالم. وينمو معدل استهلاك الفرد من الوقود التجاري والكهرباء بشكل أكبر في الدول النامية، لكن يظل معدل استهلاك الفرد في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) أكبر بست مرات من نظيره في الدول النامية عام 1997. أما في أمريكا الشمالية فيصل معدل استهلاك الفرد إلى عشرة أضعاف نظيره في آسيا وأفريقيا (UNDP 2000).

ينتشر عدم المساواة في استخدام الطاقة أيضاً ضمن الدول نفسها، سواء في الدول الصناعية أو الدول النامية. في الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً يزيد استهلاك العائلة الغنية للطاقة بنسبة 75٪ على ما تستهلكه العائلة الفقيرة، كذلك الحال في الصين، حيث تستهلك العائلة التي تقطن المدن في الأقاليم الساحلية الأربعة الغنية في الصين ما يعادل ضعفين ونصف الضعف لما تستهلكه العائلة في الأقاليم الفقيرة الداخلية. وهذه الفروقات قائمة أيضاً في دول أخرى كالبرازيل والهند والمكسيك (Smil 2000).

الجدول (1-2)

توزيع استهلاك الطاقة التجاري في العالم

(جيجاجول لكل فرد)

المنطقة	1971	1980	1990	1997	معدل النمو المتوسط (٪/سنة) 1971-1997
أمريكا الشمالية	266	276	263	272	0.1
أمريكا اللاتينية	36	42	40	47	1.0
الدول الأوربية الأعضاء في OECD	118	134	137	141	0.7
أوربا من خارج OECD	76	108	108	84	0.4
الاتحاد السوفيتي السابق	135	178	195	129	0.2
الشرق الأوسط	35	61	77	95	3.9
أفريقيا	23	26	27	27	0.6
الصين	20	25	32	38	2.5
آسيا من دون الصين	15	17	21	26	2.1
دول OECD في المحيط الهادي[1]	94	113	142	174	2.4
المجموع	**62**	**69**	**70**	**70**	**0.5**

ملاحظة (1) : تتضمن جمهورية كوريا.

OECD: منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

المصدر: UNDP 2000.

يتوزع استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل أقل عدلاً من الطاقة التجارية كوحدة كاملة، فمتوسط استهلاك الفرد من الطاقة الكهربائية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية يعادل 13 مرة نظيره في شرق آسيا، ويعادل أيضاً 65 ضعفاً للمعدل في دول جنوب الصحراء الكبرى.

بالنظر إلى هذا التوزيع غير العادل لاستهلاك الطاقة التجارية فليس مفاجئاً أن الانبعاثات المسببة لظاهرة الدفيئة والمؤدية إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض متفاوتة أيضاً.

فقد تسبب 20٪ من سكان العالم عام 1995 في الدول ذات المعدل المرتفع في استهلاك الطاقة بنسبة 63٪ من مجمل انبعاثات أكسيد الكربون، وذلك نتيجة حرق الوقود الأحفوري، ومن جهة أخرى تسبب 20٪ من سكان العالم الأقل استهلاكاً للطاقة بما يعادل 2٪ فقط من الانبعاثات (UNFPA 2001).

تشجع السياسات والتوجهات الحالية المتبعة في مجال الطاقة على زيادة استهلاك الطاقة بين الأغنياء في العالم، سواء في الدول المتقدمة أو النامية، أكثر من محاولة تأمين مصادر الطاقة الحديثة وتحسين خدماتها للفقراء. ويعيش نصف سكان العالم في المناطق الريفية في الدول النامية، ومعظم هؤلاء الناس لا يستخدمون الكهرباء أو أشكال الوقود الحديثة للطهو (Goldemberg 2000). كما تبلغ نسبة السكان الريفيين في الهند خاصة الذين يستخدمون الكهرباء أقل من 30٪ ، ويستخدم أكثر من 90٪ منهم الوقود الحيوي التقليدي للطهو، وأكثر من 55٪ من المزارع تحرث بقوة الحيوانات (Pachauri and Sharma 1999).

لا تتجاوز نسبة السكان الذين تتوافر لهم الكهرباء في أفريقيا 20٪ من إجمالي السكان (Balu 1997). بينما يبلغ متوسط نصيب الفرد من الطاقة في دول جنوب الصحراء الكبرى فقط 126 كيلوواط ساعي سنوياً، أي ما يعادل 1-2٪ من ذلك السائد في أمريكا الشمالية أو أوربا الغربية (Karekezi and Kimani2002). صحيح أن هناك مئات الملايين من العائلات الريفية في الدول النامية قد بدأت فعلاً في استخدام الكهرباء والانتقال إلى أساليب طهو الطعام الحديثة بين عامي 1970 و1990، لكن هناك أيضاً ما يعادل مليارَي شخص عام 1990 من دون كهرباء، ولا يستخدمون مصادر الطاقة الحديثة في حياتهم اليومية، ويعادل ذلك تقريباً الرقم الذي كان سائداً عام 1970 (Goldemberg 2000).

من جهة أخرى تتأثر المرأة بشكل خاص في كثير من الدول النامية بسبب نقص مصادر الطاقة الحديثة لكونها المسؤولة الرئيسية عن جمع واستخدام الأخشاب وأشكال

الوقود التقليدي الأخرى (Cecelski 1995). ولا يتوقع أن يتغير هذا النموذج كثيراً خلال العقود القليلة القادمة حسب النهج الحالي للطاقة (IEA 2000a).

تشدد سياسات الطاقة التقليدية على المعالجة المركزية لإمداد المناطق الريفية بالكهرباء وتزويدها بالوقود. ويتسم هذا التوجه بأنه مكلف جداً، ولا يمكن غالباً أن يلبي حاجات العائلات الفقيرة التي لا تستطيع تحمل نفقات الربط بالشبكة الكهربائية أو حتى شراء الوقود التقليدي؛ كأسطوانات الغاز مثلاً لتحضير الطعام (Goldemberg 2000).

ثورة الطاقة - نحو مستقبل مستدام

إن تطور الطاقة المستدامة يجب أن يؤمّن الاحتياجات البشرية الأساسية، ويحسّن الرفاهية الاجتماعية، ويحقق النمو الاقتصادي في العالم. ويجب ألا يعرِّض حياة الأجيال الحالية أو القادمة للخطر، وألا يتهدد توازن النظام البيئي الحرج (Rogner and Popescu 2000). وللأسباب المذكورة أعلاه فإن أشكال الطاقة الحالية وتوجهاتها لن تؤدي إلى مستقبل مستدام.

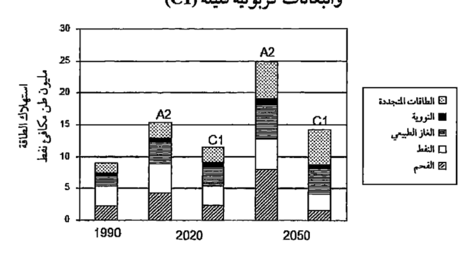
يمكن تحقيق مستقبل مستدام للطاقة من خلال تحسين كفاءتها، واعتماد أكبر على مصادر الطاقة المتجددة مقارنة بالتوجهات الحالية للطاقة وأشكالها. فمن شأن تحسين كفاءة الطاقة أن يؤدي إلى خفض نمو استهلاك الطاقة، وبالتالي خفض الاستثمارات المطلوبة، وينبغي ألا يقتصر تحسين خدمات الطاقة على العائلات الفقيرة فقط، وأن يشمل الدول أيضاً. أما الانتقال نحو الطاقة المتجددة في العقود المقبلة فمن شأنه أن يؤدي إلى معالجة كل المشكلات المرتبطة بالتوجهات الحالية للطاقة.

لقد جرى تصوير هذا النموذج المستقبلي للطاقة في دراسة قام بها معهد تحليل الأنظمة التطبيقية (International Institute for Applied Systems Analysis-IIASA) ومجلس الطاقة العالمي (World Energy Council-WEC) ضمن إطار سيناريو التوازن

البيئي الذي يقوم على أساس نمو منخفض ونسبة قليلة من الكربون (الشكل 1-5). وبحسب هذا السيناريو فإن التحسينات المتسارعة في كفاءة الطاقة سوف تحد من استخدام الطاقة وتبقيه ضمن معدل 0.8٪ سنوياً خلال القرن الحالي. وستبدأ خلال عقدين أشكال الطاقة المتجددة كافة، كالطاقة الحيوية الحديثة والطاقة الشمسية والأشكال الأخرى، بالمساهمة الفعالة في إمدادات الطاقة العالمية. وستبلغ مساهمة الطاقة المتجددة حوالي 40٪ من الطاقة الإجمالية العالمية بحلول عام 2050، وستصل إلى 80٪ في نهاية القرن الحادي والعشرين (Nakicenovic, Grubler, and McDonald 1998).

الشكل (1-5)

مقارنة بين الاستهلاك العالمي للطاقة وفقاً لسيناريو يستند إلى نموّ مرتفع واعتماد كبير على الفحم (A2) حسب تقديرات (IIASA-WEC)، وسيناريو آخر ذي نمو منخفض وانبعاثات كربونية قليلة (C1)



المصدر: Nakicenovic, Grubler and McDonald, 1998.

يؤدي هذا السيناريو القائم على نموّ وكربون منخفضين أيضاً إلى التقليل من الانبعاثات الكربونية بنسبة 65٪ بحلول عام 2050 وأكثر من 90٪ عام 2100، مقارنة بالنمو العالي والاستخدام الكثيف للفحم، وذلك حسب السيناريو الذي أعده المعهد الدولي لتحليل الأنظمة التطبيقية (IIASA)، ومجلس الطاقة العالمي (WEC)

(Nakicenovic, Grubler, and McDonald 1998). ويحقق هذا السيناريو أيضاً متطلبات الانبعاثات الغازية الخاصة بظاهرة الدفيئة الواردة في "بروتوكول كيوتو"؛ حيث ستستقر نسبة الكربون عند 450 جزءاً في المليون من الحجم (PPMV) في الجزء الأخير من القرن الحادي والعشرين، وهذا كافٍ للحد بشكل كبير من المخاطر المرتبطة بارتفاع درجة حرارة الأرض.

إن انخفاض استخدام الطاقة، وزيادة حصة الطاقة المتجددة يمكن أن يؤدي إلى انخفاض التلوث في المدن، وتراجع الأمطار الحمضية، والحد من المشكلات البيئية الأخرى المحلية أو الإقليمية. ويتوقع، مثلاً، أن تكون نسبة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكبريت عام 2050 أقل بمقدار الثلثين في حال تطبيق السيناريو ذي النمو المنخفض والكربون المنخفض، مقارنة بسيناريو النمو العالي والاستخدام المكثف للفحم. إن التأكيد على كفاءة الطاقة واعتماد مصادر الطاقة المتجددة سيخفض من الاستثمارات المطلوبة الإجمالية بنسبة تراوح بين 33 و50٪ (Nakicenovic, Grubler,.and McDonald 1998)، وسيؤدي إلى تحسين خدمات الطاقة المقدمة إلى الفقراء وإلى المناطق الريفية في الدول النامية.

كما تضمن التقرير التقويمي الثالث الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) عدة سيناريوهات تفترض تحسينات كبيرة على كفاءة مصادر الطاقة، وخفضاً في تركيز المواد والتشديد على الاستهلاك العقلاني للموارد الطبيعية على مستوى العالم. وتشير هذه التقديرات إلى أن تركيز أكسيد الكربون سيصل إلى 450-500 جزء في المليون من الحجم عام 2100، ويقدر ارتفاع درجة الحرارة بين 2.5 و3.6 درجات فهرنهايت (1.4 – 2 درجة مئوية)، وذلك خلال الحقبة 1990-2100. (IPCC 2001a, 2001c). أما في حال نمو الطلب بشكل كبير فإن السيناريوهات المعتمدة أساساً على الوقود الأحفوري تشير إلى أن تركيز أكسيد الكربون سيراوح عام 2100 بين 700 و970 جزءاً في المليون من الحجم، أما ارتفاع درجة الحرارة فيمكن أن يصل إلى 10.4 درجات

فهرنهايت (5.8 درجات مئوية) خلال 1990–2010، وستزداد وطأة التلوث على النطاقين المحلي والإقليمي (IPCC 2001a, 2001c).

إن التركيز الرئيسي لهذا الكتاب سيكون على السياسات اللازمة لتحقيق ثورة الطاقة، لكن خلال هذا السياق سيكون من المفيد الإحاطة بالتقنيات الرئيسية التي يمكن استخدامها لتحقيق ثورة الطاقة، إضافة إلى التعرف على الإطار العام الذي يمكن هذه التقنيات والسياسات أن تعمل من خلاله في القرن الحادي والعشرين. إن المراجعة المختصرة التالية ستلقي الضوء على هذه الخلفية والسياق المطلوب.

مصادر الطاقة المتجددة

يمكن لأنواع الطاقة المتجددة أن تغطي حاجة العالم من الطاقة، ويمكن للطاقة الشمسية المتوافرة بغزارة أن تلبي وحدها حاجة العالم من الطاقة بعد عام 2100 (Rogner 2000). أما طاقة الرياح فالمتاح منها على اليابسة فقط يقدر بما يراوح بين 20 و50 تريليون كيلوواط ساعي سنوياً؛ أي ما يعادل 1.5–4 أضعاف الإنتاج الحالي العالمي من الكهرباء (Turkenburg 2000). وستؤدي إضافة طاقة الرياح المتوافرة في البحار إلى زيادة الطاقة الكامنة، ويمكن لمزارع الطاقة الحيوية إذا قدّرنا توافر الأرض في المستقبل أن تزود نحو ربع إلى ثلاثة أرباع إنتاج الطاقة الحالي (Turkenburg 2000).

يبين الجدول (1–3) الأوضاع الراهنة لتقنيات الطاقة المتجددة الرئيسية. إن أداء وكلفة هذه التقنيات قد تحسنا كثيراً خلال العقدين الماضيين (Interlaboratory Working Group 1997, Turkenburg 2000). وينافس بعض التقنيات الأحدث للطاقة المتجددة مصادر الطاقة التقليدية في تطبيقات معينة، فعلى سبيل المثال تقترب طاقة الرياح بشكل كبير من منافسة الطاقة الناتجة عن محطات توليد الطاقة الأحفورية الحديثة. كما يمكن للأنظمة الكهرضوئية والأشكال الحديثة للطاقة الحيوية أن تكون اقتصادية في المناطق الريفية في الدول النامية، حيث إمكانية الحصول على الوقود الأحفوري أو الطاقة

الكهربائية من الشبكة العامة غير متاحة، إما بسبب عدم وصول الشبكة إلى هذه المناطق وإما أنها مكلفة. فإذا أخذنا بالاعتبار الكلف البيئية والكلف الأخرى المرتبطة بالوقود الأحفوري، فإننا نجد أن كفة الطاقة المتجددة سترجح اقتصادياً في الكثير من التطبيقات (Nogee et al. 1999).

لقد اشتد عود طاقة الرياح خلال تسعينيات القرن الماضي بسبب التطورات التقنية وانخفاض الكلفة. وارتفعت كمية الطاقة المستخرجة من الرياح والموصولة بالشبكة من نحو 2 جيجاواط عام 1990 إلى نحو 25 جيجاواط في نهاية عام 2001 بسبب انخفاض الكلفة وتحسن كفاءتها (BTM Consult 2001). ويزداد الإنتاج العالمي للطاقة من الرياح بنسبة 30٪ سنوياً، إضافةً إلى ذلك تتحسن تقنيات طاقة الرياح باستمرار، وتستمر الكلفة بالانخفاض عبر تصميم تربينات أكبر، ويتم تطوير تصميم شفرات الجزء الدوار وأنظمة التحكم وتطبيقات طاقة الرياح في البحار وابتكارات أخرى. يكلف الكيلوواط الساعي من الكهرباء المولدة من الرياح بين 0.04 و0.6 دولار، وذلك حسب سرعة الرياح، ويمكن أن تصل الكلفة في النهاية إلى 0.02–0.03 دولار لكل كيلوواط ساعي (McGowan and Connors 2000, Short 2002).

لقد تمكن الباحثون والشركات الخاصة من تحقيق تطورات كبيرة على أداء منظومات الطاقة الشمسية الكهرضوئية، وخفض كلفتها خلال العشرين سنة الماضية، حيث تراوح الكلفة الكاملة بين 5 و10 دولارات لكل واط عام 2000. وينتج عنها طاقة كهربائية بكلفة تراوح بين 0.25 و1.25 دولار للكيلوواط الساعي (Rever 2001). وهذه الكلفة تعتبر مرتفعة نسبياً في الدول الصناعية مقارنة بالطاقة الكهربائية المولدة بالطرق التقليدية، لكن قد يكون استخدامها مبرراً اقتصادياً في بعض التطبيقات المحددة في بعض المناطق الريفية البعيدة التي لم تصل إليها الطاقة الكهربائية، ومن المكلف مدّ خطوط نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية إليها. وتنتشر بسرعة محطات توليد الطاقة الكهربائية عن طريق أنظمة الطاقة الكهرضوئية في عديد من الدول كألمانيا واليابان.

الجدول (3-1)
حالة تقنيات الطاقة المتجددة

التقـــــــانة	معدل النمو (٪ / سنة)	السعة الإجمالية في نهاية 1998	إنتاج الطاقة عام 1998	كلفة الاستثمارات $ / kw	كلفة الطاقة عام 1998	كلفة الطاقة في المستقبل
الطاقة الحيوية	3~	GWe 40	TWh 160	3,000-900	KWh /¢15-5	kWh /¢10-4
الكهرباء	3~	GWth 200 <	TWh 700		kWh /¢5-1	kWh /¢5-1
الحرارة	3~	18 مليار لتر	PJ 420	750-250	GJ /$25-8	GJ /$10-6
الإيثانول	30~	GWe 10	TWh 18	1,700-1,100	kWh /¢13-5	kWh /¢10-3
طاقة الرياح	30~	GWe 0.5	TWh 0.5	10,000-5,000	KWh /¢125-5	kWh /¢25-5
الخلايا الكهرضوئية	5~	GWe 0–.4	TW 1	4,000-3,000	kWh /¢18-12	kWh /¢10-4
الطاقة الكهرحرارية الشمسية	8~	GWth 18	TW 14	1,700-500	kWh /¢20-3	kWh /¢10-2
الطاقة الحرارية الشمسية عند درجة حرارة منخفضة						
الطاقة الكهرمائية	2~	GWe 640	TWh 2500	3,500-1,000	kWh /¢8-2	kWh /¢8-2
السعات الكبيرة	3~	GWe 23	TWh 90	3,000-1,200	kWh /¢10-4	kWh /¢10-3
السعات الصغيرة						
الطاقة الحرارية الجوفية	4~	GWe 8	TWh 46	3,000-800	kWh /¢10-2	kWh /¢8-1
الكهرباء	6~	GWth 114	TWh 40	2,000-200	kWh /¢5-0.5	kWh /¢5- 0.5
الحرارة						

ملاحظات: GJ= جيجا جول، [PJ= بيتا جول]، GWe=جيجاواط من السعة الكهربائية، GWth=جيجاواط من السعة الحرارية، KWh = كيلوواط ساعي ، PV = الخلايا الكهرضوئية، TWh= تيراواط ساعي

المصدر: Turkenburg 2000.

لقد تضاعف حجم السوق العالمية لأنظمة توليد الطاقة الكهربائية من خلال الخلايا الكهرضوئية أربع مرات بين عامي 1995 و2000 بسبب التزاوج بين التطورات التقنية والسياسات المساندة (Maycock 2001). وللمحافظة على هذا النمو العالي لجأت الشركات المنتجة لهذه الأنظمة إلى تطوير أنواع ومنتجات جديدة؛ منها على سبيل المثال إدخال الخلايا الكهرضوئية بشكل متكامل مع أنظمة البناء. وبالنظر إلى أن المجال مازال متاحاً أمام تطورات تقنية أخرى، وأن السوق تتوسع فمن الممكن لكلفة أنظمة الخلايا الكهرضوئية أن تهبط إلى ما بين 2 و5 دولارات للواط الواحد بين عامي 2005 و2010، ويمكن أن تنخفض لتصل إلى 3 دولارات للواط الواحد ضمن الفترة 2015–2020 (Turkenburg 2000). وإذا ما تحققت هذه الأهداف فإن الباب سيكون مفتوحاً على مصراعيه أمام تطبيقات الخلايا الكهرضوئية.

تتضمن الطاقة الحيوية الخشب، وأشجار الغابات، ومخلفات الزراعة والمحاصيل التي تُزرع من أجل الحصول على الطاقة. إن الحصول على الطاقة من الوقود الحيوي هي عملية لا تسبب أي انبعاثات كربونية مادامت الطاقة الحيوية تُنتَج على أسس عقلانية. وتمتص النباتات والأشجار غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء من خلال عملية التركيب الضوئي، مع أن مزيداً من الطاقة ضروري من أجل إنتاج الطاقة الحيوية ومعالجتها. كما يمكن من خلال حرق الوقود الحيوي الاستفادة من الطاقة الناتجة لأغراض مختلفة، كالتدفئة وطهو الطعام وتوليد الكهرباء. ويمكن أن يصاحب ذلك طاقة حرارية مفيدة أو من دونها، كما يمكن تحويل الوقود الحيوي إلى وقود سائل أو غازي، كما هي الحال في عديد من الدول ومنها البرازيل والصين والهند والولايات المتحدة (انظر الفصل الرابع لتجربة البرازيل في هذا المجال).

يجري توليد الكهرباء والحصول على طاقة حرارية مفيدة في عديد من الدول باستخدام مخلفات صناعة الأخشاب والورق والمخلفات الصلبة للمدن. لقد تضاعف

إنتاج الكهرباء الناتجة عن الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية بين عامي 1987 و1999 (Short 2002). كما بدأ بعض البلدان زراعة محاصيل مكرسة لإنتاج الطاقة؛ كما هي الحال في السويد حيث تزرع أشجار الصفصاف لهذا الغرض، وفي الحقيقة تحصل السويد على 17٪ من احتياجاتها من الطاقة عن طريق الطاقة الحيوية، وتعتزم زيادة تلك النسبة إلى 40٪ بحلول عام 2020 (Turkenburg 2000).

هناك عديد من التقنيات الحديثة التي مازالت قيد التطوير لإنتاج الوقود الحيوي ومعالجته؛ منها أنواع جديدة من المحاصيل المخصصة لإنتاج الطاقة، وتحسين أنظمة الإنتاج، وتقنيات التمييع، وأساليب جديدة لتحويل المواد السيلولوزية إلى إيثانول. ويقوم الباحثون والشركات الخاصة بتطوير طرق لتحويل الوقود الحيوي إلى مواد كيميائية قيمة وإلى وقود أيضاً كالهيدروجين، وهي تقنيات باهظة الكلفة حالياً، لكن استمرار البحث والتطوير في هذا المجال سيؤدي إلى خفض التكاليف وإنشاء أسواق كبيرة للطاقة الحيوية في المستقبل (Kheshgi, Prince, and Marland 2000).

تستخدم الطاقة الحرارية الجوفية geothermal energy لإنتاج البخار والماء الساخن والطاقة. وقدر الإنتاج العالمي من الكهرباء من الطاقة الحرارية لجوف الأرض بحوالي 45 مليار كيلوواط ساعي وحوالي مثلها من الطاقة الحرارية عام 1998 (Turkenburg 2000). وتنتج محطات الطاقة الحرارية الجوفية في أيسلندا نسبة كبيرة من الطاقة التي تستهلكها البلاد، وفي الفلبين تسهم بأكثر من 20٪ من الكهرباء المولدة، وفي كاليفورنيا تصل هذه النسبة إلى 5٪ من الكهرباء المستخدمة. وينمو إنتاج الطاقة الحرارية الجوفية بنسبة 5٪ عالمياً في السنة، ويحد من هذا النمو فقط ندرة مصادر الطاقة الحرارية الجيدة لجوف الأرض. إن تطوير تقنيات متقدمة؛ كاستخدام المصادر ذات درجات الحرارة المنخفضة، أو حفر الآبار العميقة وضخ الماء إليها للحصول على الحرارة من الصخور العميقة، يمكن أن يسرِّع نمو الطاقة الحرارية الجوفية (Mock, Tester, and Wright 1997).

تمدّ محطات توليد الطاقة الكهرمائية العالم سنوياً بما يقدر بـ 2.6 تريليون كيلوواط ساعي أو ما يعادل خُمس إنتاج العالم من الكهرباء. ويبدو أن معظم مصادر الطاقة الكهرمائية المتوافرة في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية قد جرى استغلاله، بينما يوجد كثير من هذه المصادر لم يُستغلّ في الدول النامية. ففي أفريقيا، مثلاً، يستفاد فقط من 7٪ من الطاقة الكهرمائية المتاحة (Karekezi 2002a). وبالنظر إلى هذه الطاقة غير المستغلة يتوقع أن يصل الإنتاج العالمي من هذه الطاقة إلى 6 تريليونات كيلوواط ساعي سنوياً في منتصف القرن الحالي (Turkenburg 2000).

ولكن ما يحول دون نمو هذا القطاع بالشكل المأمول[4] تلك العقبات البيئية والاجتماعية (معارضة هذه المشاريع بسبب أن تنفيذها يتطلب نزوح عدد كبير من السكان عن أراضيهم). في الوقت نفسه يجري تطوير تقنيات جديدة لتخفيف الآثار البيئية والاجتماعية لمثل هذه المشاريع (Marsh and Fisher 1999, Turkenburg 2000).

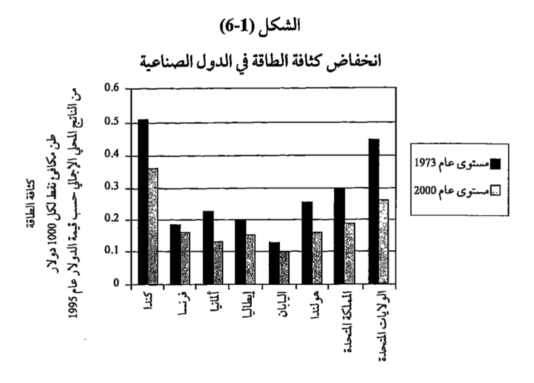
فرص تحسين كفاءة الطاقة

يعتبر تحسين كفاءة الطاقة (إنجاز عمل ما بقدر أقل من الطاقة) من المصادر المهمة للطاقة، فقد جرى خلال العقود القليلة الماضية تطوير عديد من تقنيات تحسين كفاءة الطاقة في الأجهزة الكهربائية، وأنظمة الإنارة، ووسائط النقل، والأبنية، ومحطات توليد الطاقة، والعمليات الصناعية. وانتشار هذه التقنيات في ازدياد مستمر، وهذا ما يساهم في خفض كثافة الطاقة في عديد من الدول.

يُظهر الشكل (1-6) التقدم الحاصل في تخفيض كثافة الطاقة الإجمالية (الطاقة الإجمالية منسوبة إلى الناتج المحلي الإجمالي) في ثماني دول رئيسية من مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية منذ عام 1973. خلال هذه الفترة انخفضت كثافة الطاقة بنسبة 43٪ في ألمانيا، وبنسبة 39٪ في المملكة المتحدة، و24٪ في اليابان.

الشكل (6-1)

انخفاض كثافة الطاقة في الدول الصناعية



المصدر: IEA 2001e.

لقد كان للتغيرات الهيكلية التي حدثت وما رافق ذلك من تحول نحو الصناعات الخفيفة والقطاعات الخدمية دور في ذلك، لكن معظم هذا الانخفاض يعود إلى تحسينات حقيقية على كفاءة الطاقة (IEA 1997d, Schipper et al. 2001).

يمكن تحقيق وفورات كبيرة في الطاقة في حال اعتُمدت تقنيات تحسين كفاءة الطاقة المتوافرة تجارياً، والتي ثبتت فعالية كلفتها مثل:

- أجهزة ذات كفاءة عالية للطبخ وتسخين المياه.
- تصميم الأبنية بحيث تتم الاستفادة القصوى من الإنارة والتهوية الطبيعيتين.
- استخدام السقوف العاكسة لأشعة الشمس لتخفيف حمل التبريد للمبنى.
- استخدام أجهزة إنارة الفلوريسنت المدمجة ذات الكفاءة العالية بدلاً من أنظمة الإنارة التقليدية.

- أجهزة الإنارة الأخرى ذات الكفاءة العالية.
- أجهزة التبريد ذات الكفاءة العالية، وبخاصة الضاغط والمبادل الحراري.
- إدارة الطاقة وأنظمة التحكم.
- الأجهزة الإلكترونية ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة في حالة العمل الاحتياطي.
- تحسين تصميم المضخات وضواغط الهواء والمحركات وأنظمة التحكم بها.
- استخدام محركات ذات كفاءة عالية للآليات والقاطرات والسيارات الخفيفة، وتلك العاملة على الكهرباء والوقود بنفس الوقت.

إن هذه التقنيات جزء بسيط مما يمكن عمله لتخفيض استهلاك الطاقة من أجل أداء عمل معين، وهناك الكثير من الخيارات المتوافرة لخفض استهلاك الطاقة في الاستعمالات المتعددة، ابتداءً من غسالة الملابس إلى تشغيل المعدات الإلكترونية لإنتاج الفولاذ، والمواد الكيميائية، والمواد الأساسية الأخرى. إضافة إلى ذلك يمكن تحقيق وفر كبير في الطاقة وفي الكلفة الأولية أيضاً من خلال التصاميم الذكية للمنازل الحديثة وللمكاتب والسيارات، والعمليات الصناعية التي تتم من خلال أنظمة المعالجة الهندسية المتكاملة (Hawken, Lovins, and Lovins 1999).

إن الإمكانيات الكامنة المتوافرة في معظم الدول لترشيد الطاقة وبكلفة منخفضة هي أكبر بكثير من إمكانيات التزود بالطاقة. ويبين الجدول (1-4) الإمكانيات المحتملة لتوفير الطاقة على مستوى الولايات المتحدة الأمريكية، والتي تتمتع بجدوى اقتصادية استناداً إلى الدراسات التي أُجريت من قبل المختبرات الوطنية الرئيسية في الولايات المتحدة. بينت هذه الدراسات أن الإمكانية المتوافرة لترشيد الطاقة تقارب 33٪ أو أكثر في أنظمة الإنارة المنزلية والتبريد، وفي أنظمة التدفئة والتكييف في الأبنية التجارية وفي السيارات الحديثة

وسيارات الشحن الخفيفة، وهي تبلغ 20٪ على الأقل في القطاعات الأخرى. وأشارت الدراسات في أوربا الغربية واليابان إلى أن الوضع مماثل لما هو موجود في الولايات المتحدة (Jochem 2000).

تجب ملاحظة أنه لا يمكن لتقنيات ترشيد الطاقة أن تؤتي أكلها بين عشية وضحاها، وإنما يحتاج ذلك إلى عدة سنوات لاسترجاع رأس المال وتحقيق وفورات كبيرة على الصعيد الوطني.

إن الوفورات الكامنة المذكورة في الجدول (1-4) أُعدت استناداً إلى التقنيات المتوافرة بشكل تجاري في نهاية التسعينيات، لكن إمكانات تحسين كفاءة الطاقة تتطور باستمرار وبشكل دينامي، حيث يتم حالياً في مختلف أنحاء العالم تطوير وتسويق الكثير من الأجهزة التي تستخدم الطاقة بكفاءة عالية في مجالات: أنظمة الإنارة، وتقنيات البناء، والسيارات (Martin et al. 2000, Nadel et al. 1998). وتقوم أيضاً الشركات ومراكز الأبحاث بتطوير أساليب ذات كفاءة عالية في استخدام الطاقة ونظيفة، لاستخدامها في القطاعات الصناعية المختلفة؛ كإنتاج الفولاذ والألمنيوم والورق والمواد الكيميائية والمواد الأساسية الأخرى، يضاف إليها صناعة المواد الفائقة التوصيل، والتي من الممكن أن تخفض وبشكل كبير من مقدار الفقد في نقل الطاقة الكهربائية وتوزيعها.

والأكثر من ذلك، اعتماداً على هذه المواد والثورة الرقمية، أن المجال سيكون مفتوحاً لاستخدام المواد ذات التقنية العالية والخفيفة الوزن ولانتشار المعلومات والنشاطات المتعلقة بالمواد الموفرة للطاقة (Hawken, Lovins, and Lovins 1999). كما أن عمليات تدوير المواد وإعادة استخدام المنتجات في اتساع مستمر. وتشير كل هذه الابتكارات إلى أن القاعدة الأساسية لكفاءة الطاقة في نمو متواصل.

مما لا شك فيه أن إمكانيات ترشيد الطاقة ليست وقفاً على الدول الصناعية فحسب، برغم أن هناك عدداً محدوداً من الدول النامية مثل الصين وبعض دول شمال شرق آسيا قد خفض من عامل كثافة الطاقة خلال العقود القليلة المنصرمة. مع ذلك ينتشر الهدر في الطاقة على نطاق واسع، وإمكانية زيادة كفاءتها عالية جداً في الدول النامية والدول الشيوعية سابقاً (PCAST 1999). وتجهز المنازل في هذه الدول بشكل طبيعي بأجهزة تتسم بعدم الكفاءة في استخدامها للطاقة، وذلك للطبخ والتدفئة. وينسحب الأمر على قطاع الأعمال حيث يتم استخدام أنظمة ذات كفاءة منخفضة في الإنارة والمحركات والعمليات الصناعية. كما أن محطات توليد الطاقة وأنظمة نقلها تعمل بمردود منخفض. وتصل القدرات الإجمالية الكامنة لترشيد الطاقة وذات الجدوى الاقتصادية في الدول النامية إلى أكثر من 40٪ (Jochem 2000).

هناك إمكانية لتحسين كفاءة الطاقة في مجال توليد الطاقة وتحويلها، إضافة إلى استخدامها كمردود نهائي. وتوفر محطات توليد الطاقة الكهربائية الحديثة العاملة وفقاً لمبدأ الدورة المركبة كفاءة في مجال تحويل الكهرباء بنسبة 50-55٪؛ أي ما يعادل ضعف مستوى المحطات الحرارية التقليدية لتوليد الطاقة الكهربائية.[5] ويمكن لأنظمة توليد الحرارة والطاقة المشتركة هذه (المعروفة أيضاً باسم "أنظمة التوليد المشترك للطاقة"* (Cogeneration System) أن تحول ما نسبته 80-90٪ من الوقود إلى طاقة مفيدة (Casten 1998).

إن آفاق استخدام خلية الوقود التي هي قيد التطوير المركّز في مختلف أنحاء العالم واعدة، وذلك لما تتمتع به من انبعاثات قليلة ومردود عال لعملية تحويل الطاقة، وبخاصة إذا ما استُخدمت في توليد الطاقة الكهربائية، والحصول على الطاقة الحرارية المفيدة.

---

* يقصد بنظام التوليد المشترك للطاقة استخدام الطاقة بشكل متعاقب لإنتاج الكهرباء والطاقة الحرارية المفيدة، ويمكن أن يحدث تسلسل عمل النظام باستخدام الطاقة الحرارية المفيدة ثم إنتاج الطاقة الكهربائية أو بالعكس. (المترجم)

الجدول (1-4)

وفورات الطاقة الممكنة في الولايات المتحدة الأمريكية المتميزة بفاعلية كلفتها

القطاع والمستخدم النهائي	وفورات الطاقة الممكنة ٪
الأبنية السكنية[1]	
الإنارة	53
التبريد	33
تسخين المياه	28–23
تدفئة البيوت الحديثة	39–19
تدفئة البيوت	25–11
تكييف البيوت	23–16
الأبنية التجارية[1]	
التدفئة	48
التبريد	48
التكييف	31
الإنارة	25
تسخين المياه	20–10
النقل[1]	
السيارات الحديثة	35
سيارات النقل الخفيفة	33
القطاع الصناعي[2]	
الحديد والفولاذ	32
الألمنيوم	30
صناعة الورق	25
الزجاج	24
الأسمنت	21

[1] هي قيم الوفورات الوسطية الناتجة عن استخدام أكثر التقنيات تطوراً والفعالة كلفياً والمتوافرة بالسوق والخاصة بالأجهزة الحديثة.

[2] الوفورات الممكن تحقيقها بحلول عام 2010، الناتجة عن التبني المتزايد للتقنيات المتوافرة، والتي أثبتت جدواها الاقتصادية والمتوافقة مع الحفاظ على مستويات كثافة الطاقة عام 1997.

المصدر: Interlaboratory Working Group1997, Interlaboratory Working Group 2000

دور الغاز الطبيعي

يتميز الغاز الطبيعي بأنه من أنظف أشكال الوقود الأحفوري وأقلها كربوناً. ويمكن استخدامه حين توافره في تغذية محطات التوليد العاملة على مبدأ "الدورة المركبة" combined cycle، حيث تعتبر الخيار الأمثل للتوسع في توليد الطاقة الكهربائية. تتميز محطات التوليد ذات الدورة المركبة والعاملة على الغاز الطبيعي بعدة مزايا: فهي تتمتع بمردود أعلى بكثير، وذات كلفة رأسمالية منخفضة مقارنة بنظيرتها العاملة على الفحم، إضافة إلى أنها لا تسبب أي انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكبريت أو الجزيئيات الصلبة، حتى إن ما تطلقه من أكاسيد النيتروجين أقل بحوالي 90٪ مما تبثه محطات توليد الطاقة الكهربائية الحديثة العاملة على الفحم بالنسبة لوحدة الكهرباء التي تنتجها المحطة، ويقل ما تطلقه من أكسيد الكربون لكل كيلوواط ساعي بنسبة تراوح بين 55 و65٪ عما تطلقه محطات التوليد العاملة على الفحم (Williams 2000).

تتصف احتياطيات الغاز الطبيعي مقارنة بالنفط بتوافرها بشكل كبير، وتوزعها على نطاق واسع في العالم. تحوي دول الاتحاد السوفيتي السابق احتياطيات مؤكدة من الغاز الطبيعي أكبر بقليل من الاحتياطيات الموجودة في دول الشرق الأوسط، وذلك في نهاية عام 2000 (BP 2001). وتجاوزت احتياطيات الغاز الطبيعي العالمية المؤكدة الضعف خلال الخمس والعشرين سنة الأخيرة، بسبب الاهتمام المتزايد بالغاز الطبيعي، واكتشاف حقول غاز جديدة، وتطور تقنيات التنقيب والإنتاج. وبسبب المزايا العديدة التي يتمتع بها الغاز الطبيعي مقارنة بباقي أشكال الوقود الأحفوري ازداد استخدامه في العالم، ويتوقع أن يستمر في التوسع لعقود قادمة.

ويتوقع أن ترتفع نسبة الغاز الطبيعي إلى مجمل إمدادات الطاقة العالمية من 20٪ عام 1997 إلى 24٪ عام 2020، وفق السيناريو المرجعي الذي أعدته وكالة الطاقة الدولية (IEA 2000a). وستبلغ مساهمة الغاز الطبيعي ضمن إمدادات الطاقة العالمية 28٪ عام 2050، حسب السيناريو الذي يعتمد على نمو منخفض وانبعاث كربون منخفض أيضاً

الذي أعده المعهد الدولي لتحليل الأنظمة التطبيقية ومجلس الطاقة العالمي (الشكل 1-5). وتوقع وفق هذا السيناريو أيضاً أن ينخفض استهلاك الغاز الطبيعي في النصف الثاني من القرن الواحد والعشرين، سواء بشكل مطلق أو نسبي، وأن تحل في النهاية الطاقة الشمسية، والطاقة الحيوية، ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى، محل الغاز الطبيعي وأشكال الوقود الأحفوري الأخرى لتصبح هي الطاقة السائدة.

وينظر إلى الغاز الطبيعي على أنه هو الذي سيمهد الطريق للانتقال بسلاسة من الوقود الأحفوري نحو الطاقة المتجددة، وبينما يبدو مهماً تخفيض استخدام النفط والفحم من الآن، سيرتفع استخدام الغاز الطبيعي خلال العقود القادمة، وسيترافق ذلك مع خفض كبير للتلوث المحلي والإقليمي، وتتناقص أخطار التغيرات المناخية، ويتعزز الأمن العالمي، وتمتد خدمات الطاقة إلى كل سكان العالم.

لا يتوافر الغاز الطبيعي دائماً بالقرب من أماكن استخدامه، ومن المكلف نقله إلى أماكن بعيدة، حيث يشكل مد خطوط أنابيب نقل الغاز وبناء البنية التحتية اللازمة تحدياً للدول النامية والدول الشيوعية السابقة. وهذا يعني أنه سيكون من الصعوبة بمكان استخدام الغاز الطبيعي بفاعلية، سواء في محطات التوليد أو في الاستخدامات المباشرة في المنازل والصناعة وفي القطاعات الأخرى.

وتتضمن التقنيات الحديثة لاستخدام الغاز الطبيعي بكفاءة عالية: التربينات ذات الاحتراق المتقدم، وأنظمة التوليد ذات الدورة المركبة المبتكرة، وخلية الوقود، والمضخات الحرارية العاملة على الغاز الطبيعي، وتصاميم البيوت ذات الكفاءة العالية (Nadel et al. 1998, Williams 2000).

ماذا عن الطاقة النووية؟

يبلغ عدد المفاعلات النووية العاملة في العالم 435 مفاعلاً، وتمد العالم بها يعادل 17٪ من الإنتاج العالمي للطاقة الكهربائية (EA 2000a). غير أن نمو هذا القطاع شهد تراجعاً

لأسباب متعددة منها: المعارضة الشعبية، وعدم وجود خيارات على المدى الطويل للتخلص الآمن من النفايات النووية، وقضايا أمنية يعود سببها جزئياً إلى الحادث الذي وقع في مفاعل تشيرنوبل، وإمكانية مساهمة الطاقة النووية في انتشار الأسلحة النووية، وعدم القدرة على المنافسة من الناحية الاقتصادية، وظهور تقنيات بديلة ذات كلفة منخفضة مثل محطات التوليد ذات الدورة المركبة العاملة على الغاز، وطاقة الرياح. نتيجة لهذه العوامل مجتمعةً أصبحت محطات الطاقة النووية الحديثة غير اقتصادية.

من جهة أخرى تتمتع الطاقة النووية بعدة مزايا مقارنة بالوقود الأحفوري، فهي لا تؤدي إلى أي انبعاثات لأكسيد الكربون أو بقية الغازات الأخرى المسببة لظاهرة الدفيئة.[6] ولأن العالم يمضي قدماً للحد من هذه المعضلة، وتزداد القيود المفروضة على الانبعاثات فإن الاهتمام بالطاقة النووية قد بدأ من جديد. إضافة إلى ذلك فإن للطاقة النووية ميزة أخرى هي أنها لا تتسبب بأي ملوثات مثل أكاسيد الآزوت والكبريت والجزيئيات الدقيقة التي تسبب الضرر للصحة العامة. لكن على أي حال أصبح من المعروف أنه لا يمكن للطاقة النووية أن تعود مجدداً إلى مسرح الطاقة العالمي، بل على العكس ستبدأ بالتراجع مع بدء إحالة المفاعلات النووية القديمة إلى التقاعد، ما لم تُعالَج كافة القضايا المذكورة وكسب تأييد الرأي العام (Beck 2001, PCAST 1999, Williams 2000).

لقد أدركت صناعة الطاقة النووية هذه الحقائق، وتقوم بإجراء البحث والتطوير اللازمين لوضع تصاميم جديدة للمفاعلات النووية ودورات الوقود التي يجري بموجبها تحسين عوامل الأمان، وخفض الكلفة، والحيلولة دون استخدامها في إنتاج الأسلحة النووية. تتضمن هذه الخيارات مفاعلات متطورة عاملة على الماء الخفيف، والمفاعلات ذات التبريد الغازي مثل مفاعلات pebble bed modular* (Williams 20000)، وحتى

* يعتبر هذا النوع من المفاعلات النووية من التصاميم الحديثة والمتطورة وتتميز بمستوى عالٍ من الأمان والكفاءة، يتم استخدام غاز الهليوم كوسيط تبريد وبدرجة حرارة عالية جداً بدلاً من الماء، حيث يقوم الهليوم بإدارة التربينة مباشرة، فيستغنى عن نظام إدارة بخار الماء المعقد. (المترجم)

إذا جرى تحقيق هذه الأهداف التقنية فإن هذه المفاعلات ستستمر في إنتاج الوقود المستنفد، وتخلف مستويات عالية من النفايات النووية، ولا ضمانة في أن يتقبل الجمهور الجيل الجديد من محطات الطاقة النووية، حتى لو أكد المختصون أن المشكلات الفنية قد حُلّت.

هناك قلق آخر فيما يخص إمكانية تعرض المفاعلات النووية وأماكن تخزين النفايات النووية لعمليات إرهابية، وهو تحدٍّ آخر في وجه عودة المفاعلات النووية. وحتى في حال إيجاد حلول للمشكلات التقنية وكسب الرأي العام، فإنه لا يمكن الجزم بأن محطات الطاقة النووية الجديدة ستكون منافسة من الناحية الاقتصادية أمام المصادر البديلة للكهرباء (التي تستمر بالتطور وتنخفض كلفتها).

نظراً إلى هذه التحديات الكبيرة فإن مستقبل الطاقة النووية يكتنفه الغموض، وعلى الحكومات أن تقرر إن كانت تريد أن تبقي الباب مفتوحاً أمام الطاقة النووية، عبر استمرار دعمها للبحث والتطوير في هذا المجال. وتلقت صناعة الطاقة النووية دعماً حكومياً كبيراً، سواء للبحث والتطوير أو الحماية خلال الخمسين عاماً الماضية، لكن في ضوء المشكلات المتعلقة بالطاقة النووية وظهور خيارات أخرى للطاقة، شهد الدعم الحكومي للبحث والتطوير في مجال الطاقة النووية تراجعاً كبيراً في مختلف الدول.[7] (IEA 2001e).

السياق الاقتصادي والاجتماعي

لا يمكن اختزال الطاقة بمنشآتها المادية فقط كمحطات التوليد، وإنتاج الوقود، وأنظمة توزيع الطاقة، وتقنيات استخدامها النهائية، فالمسألة تأخذ أبعاداً اجتماعية واقتصادية أخرى تدخل في منشآت الإنتاج والتسويق، وفي تقنيات خدمات الطاقة. وتتماشى الطاقة أيضاً والسياق الاجتماعي العام، إذ ينبغي الاعتراف بالتوجهات الرئيسية الاقتصادية والاجتماعية السائدة في مختلف أنحاء العالم؛ كانتشار العولمة، وإعادة هيكلة قطاع الطاقة وتخصيصه، والابتكارات التقنية المتسارعة، والتحضر، حيث تؤثر كل هذه

العوامل في رسم استراتيجيات الطاقة وأنظمتها في القرن الواحد والعشرين، ويجب أن تؤخذ بالاعتبار أثناء وضع سياسات الطاقة وتنفيذها.

انتشار العولمة

مع أن العولمة لن تفيد كل الدول (وبخاصة الفقيرة منها) فإن الحقيقة أن الحواجز التجارية تتهاوى والتجارة العالمية في نمو مستمر. وكانت حصة تجارة البضائع والخدمات في الناتج الاقتصادي العالمي عام 1996 ما يعادل 43٪ بعد أن كانت 25٪ عام 1960 (Rogner and Popescu 2000). ووصلت تجارة الطاقة إلى ما يقارب 55٪ من استخدام الطاقة الأولية العالمية في التسعينيات، وكانت الغالبية من النفط، مع ازدياد كميات الفحم والغاز الطبيعي التي يتم تداولها بين الدول.

وقد أصبح الاقتصاد العالمي أكثر تكاملية من خلال عوامل متعددة منها: توسع الشركات أو اندماجها، وثورة الاتصالات، وتوسع الشركات المتعددة الجنسيات. وتلعب الشركات المتعددة الجنسيات دوراً متعاظماً في إنتاج الوقود الأحفوري وتوزيعه، وفي ملكية الشركات المزودة للغاز والطاقة الكهربائية، وفي تصنيع تقنيات الطاقة المتجددة وتقنيات استخدام الطاقة النهائية. ونظراً إلى أن الشركات والأسواق تتجه نحو العولمة فهذا ينطبق على السياسات التي يجب أن تكون من خلال أعمال منسقة ومتناغمة.

إعادة الهيكلة والخصخصة

لجأ كثير من الدول إلى خصخصة عديد من المؤسسات والشركات التي كانت مملوكة للحكومة؛ كشركات الكهرباء، وشركات الغاز، والمؤسسات الأخرى. وكان هذا يحدث بذريعة تحسين الكفاءة، وجذب الاستثمارات الخاصة إلى قطاع الطاقة، في وقت جرى فيه بذل الجهود لزيادة شفافية عملية وضع السياسات، وتخفيف الدعم الحكومي، وفتح الأسواق لتعزيز المنافسة. يجب على السياسات الناجحة، سواء أكانت إعادة هيكلة قطاع الطاقة، أم تأمين الحوافز لتحسين كفاءة الطاقة واعتماد الطاقة المتجددة، أم القواعد

التنظيمية، أن تجذب القطاع الخاص وتسرِّع الاستثمارات الخاصة في التقنيات المطلوبة وعلى نطاق واسع.

إن إعادة الهيكلة والخصخصة لا تضمن أن الاستثمارات ستصب في إمدادات جديدة للطاقة، أو أن كفاءة الطاقة وخدماتها ستتحسن، أو أن الكلفة ستنخفض. وقد اتضحت هذه الحقائق من خلال الفشل الذريع الذي تعرض له قطاع الكهرباء في ولاية كاليفورنيا بين عامي 2000 و2001 عندما ارتفعت أسعار الكهرباء بشدة وبدأ الظلام ينتشر لعدة أشهر؛ وذلك لعدة أسباب أهمها الممارسات الاحتكارية للمالكين الجدد لمحطات توليد الطاقة (Cavangh 2001). لقد حدث العجز في الطاقة وارتفعت أسعارها أيضاً في كثير من الدول النامية؛ كالبرازيل والهند، عقب إعادة هيكلة قطاع الكهرباء وخصخصته (Reddy 2001). ومع وجود بعض الاستثناءات (مثل غانا وجنوب أفريقيا) فإن إصلاح قطاع الطاقة لم يعط إلا القليل في مجال إيصال الطاقة الكهربائية للفقراء في أفريقيا (Karekezi, and Kimani 2002).

تسارع الابتكارات التقنية

يؤثر تسارع الابتكارات التقنية في مستوى المعيشة، والتجارة، والاتصالات حول العالم. وتؤثر الثورة الميكروإلكترونية في استخدام الطاقة وفي سياستها في عدد من الأوجه؛ منها زيادة إمكانية الوصول للمعلومات بسبب انتشار الحواسيب، والإنترنت، وتقنيات الاتصالات المتقدمة الأخرى. ويؤثر نمو تقنيات المعلومات بدوره في استخدام الطاقة بشكل مباشر عبر تحسن التحكم في الأجهزة والعمليات، وعبر استخدام الكهرباء في الأجهزة الإلكترونية، وبشكل غير مباشر من خلال التغيرات البنيوية التي توفر الطاقة (Room, Rosenfeld, and Herrmann 1999).

تتسارع الابتكارات التقنية أيضاً في مجال إنتاج الطاقة وتحويلها وعند المستخدم النهائي لها، وتشمل أيضاً توليد الكهرباء اعتماداً على الوقود الأحفوري، وتوليد الطاقة المتجددة وتحويلها، وإنتاج النفط والغاز، وتصميم آليات وأجهزة النقل، وعمليات

التصنيع. ومع ذلك، فإن الاستفادة من هذه الابتكارات لا تتم بشكل متساوٍ، ومازالت الفجوة التقنية تتسع بين الدول الغنية والفقيرة، وحتى بين الأكثر ثروة والأكثر فقراً ضمن الدولة نفسها (Reddy 2000).

التحضر

بلغت نسبة سكان المدن في العالم 46٪ عام 1996، ويتوقع أن ترتفع إلى 61٪ بحلول عام 2030، وسوف يتركز معظم النمو السكاني المتوقع خلال العقود القادمة في المدن، وتكون للدول النامية حصة الأسد في هذا المجال؛ حيث سيتركز 90٪ من هذا النمو فيها. ومن المتوقع في عام 2015 أن يصبح عدد المدن التي يزيد عدد سكانها على 10 ملايين نسمة 23 مدينة، ومعظم هذه المدن الضخمة سيكون في آسيا (UNFPA 2001).

إن انتشار المدن الضخمة؛ مثل طوكيو ومكسيكوسيتي وساو باولو وبومباي وشنغهاي، يشكل تحديات خاصة تتعلق بالنقل، ومواصفات الهواء، وتأمين الخدمات الأساسية، وفرص العمل. ومع تسارع التحضر يزداد استخدام الطاقة في المدن والمناطق الحضرية بشكل كبير، ومن جهة أخرى يمكن للتحضر أن يساعد في انتشار تقنيات الطاقة الحديثة. ويمكن لظاهرة توسع المدن أن تقدم الفرصة لتصميم بيئة طبيعية وأنظمة نقل ذات كفاءة عالية ومستدامة.

الخلاصة

إذا استمر الوضع على ما هو عليه الآن من حيث الهدر وعدم الكفاءة في استخدام الطاقة، والاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري، فإن المستقبل سيكون محفوفاً بالمخاطر، وسيكلف البشرية الكثير. سوف يزداد تلوث الهواء، وستحدث تغيرات مناخية خطيرة، ويتسارع نضوب النفط الثمين، وتزداد المخاطر الأمنية والتوتر بين الشعوب. فليس عدلاً أن يستمر 20٪ من سكان العالم في زيادة استهلاكهم من الوقود الأحفوري الذي هو

بالأصل مرتفع، بينما مايزال ثلث سكان العالم يستعملون أغصان الأشجار وجذوعها وروث الحيوانات المجفف لتحضير الطعام والتدفئة.

تعتبر هذه القضايا خطيرة في الوقت الحالي، وهي مرشحة للتفاقم في المستقبل، وهذا ما يضع مستقبل الأجيال القادمة في خطر ما لم يحدث تدارك ذلك وتغيير النهج الحالي.

هناك مسار آخر يمكن اعتماده ويقوم على تحسين كفاءة الطاقة والتحول نحو الطاقة المتجددة وتلبية حاجات الفقراء من الطاقة، هذا المسار الجديد للطاقة سينقل العالم من الوقود الأحفوري نحو مصادر الطاقة المتجددة خلال عدة عقود مقبلة، وفي الفترة الانتقالية سيحصل الاعتماد وبشكل أكبر على الغاز الطبيعي.

يناقش الجزء المتبقي من هذا الكتاب العقبات التي تواجه التحول نحو مستقبل مستدام والاستراتيجيات اللازمة لتحقيق هذا الهدف. فيتناول الفصل الثاني العقبات في وجه تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة على مستوى العالم. أما الفصل الثالث فيستعرض الخيارات السياسية الممكنة للتغلب على هذه العقبات، ويتضمن عديداً من الأمثلة لتنفيذ هذه السياسات في دول مختلفة، والدروس التي تمكن الاستفادة منها. ويستعرض الفصل الرابع حالات دراسية تتضمن استخدام الطاقة بكفاءة عالية أو استخدام الطاقة المتجددة على نطاق واسع وفي أجزاء مختلفة من العالم، سواء في الدول الصناعية أو النامية. وتبين الحالات الدراسية أن هناك تحولات تحدث في السوق عبر مجموعة شاملة من السياسات والمبادرات.

سيتطرق الفصلان الخامس والسادس إلى التركيز على نقاط محددة ممكنة، ففي الفصل الخامس عرض وتحليل عشر سياسات رئيسية من الممكن لها أن تضع الولايات المتحدة الأمريكية على الطريق الصحيح نحو مستقبل مستدام. وفي الفصل السادس عرض وتحليل مجموعة مشابهة من السياسات لإحدى الدول النامية الرئيسية وهي البرازيل. وفي الفصل السابع يكون ثمة تسليط للضوء على السياسات الدولية والمؤسساتية لتحسين

كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة، واقتراح الآليات اللازمة أيضاً لتضافر الجهود الدولية.

ويتناول الفصل الأخير الدروس التي تمكن الاستفادة منها من خلال تقويم هذه السياسات، ويتطرق إلى بعض الاتجاهات العالمية في كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة، ويتناول أيضاً سيناريو يوضح كيف يمكن لثورة الطاقة النظيفة أن تبدأ في القرن الواحد والعشرين، ومناقشة العوامل الأخرى التي قد تؤثر بشكل كبير في هذه الثورة، كازدياد التلوث والخيارات المتعلقة بطبيعة الحياة.

الفصل الثاني

المعوِّقـات

قد يتساءل المرء أحياناً: مادامت إجـراءات تحـسين كفـاءة الطاقـة فعالـة مـن حيـث الكلفة، فلماذا لا يكون تبنيها وبشكل نمطي من الجميع؟ الشيء ذاته ينطبق عـلى مـصادر الطاقة المتجددة، فإذا كانت الآثار البيئية السلبية الناتجة عن استخدامها لا تقارن بـما يـسببه الوقود الأحفوري، إضافةً إلى أنها تحظى بقبـول اجتماعـي أكـبر مـن الوقـود الأحفـوري والطاقة النووية، فلماذا لا يجري اختيارها حين تظهر الحاجة إلى إمدادات جديدة للطاقة؟

يحدّ كثير من المعوقات من إمكانية التحول نحو استخدام الطاقـة المتجـددة، واعـتماد إجراءات تحسين كفاءتها في العالم، ويوضح الجدول (2-1) هذه المعوقـات. وتتغـير أهميـة هذه المعوقات المختلفة بتغير القطاع أو المؤسسة أو المنطقة، لكنها تشهد تراجعاً حينما تحقق تقنيات الطاقة المتجددة وإجراءات تحسين كفاءتها تقدماً وتأخذ حصة أكبر في السوق، بينما نصادف معوقات من الصعب التغلب عليها ما لم تجر مواجهتها بشكل مباشر ومن خـلال اعتماد سياسات خاصة. إن هذه المعوقات بمجملها هي التي تقف في وجه الانتقـال نحـو مستقبل مستدام.

ستناقَش هذه المعوقات بتقسيمها إلى فئتـين: الأولى هـي المعوقـات في وجـه تقنيـات تحسين كفاءة الطاقة، والثانية تلك التي تشكل العقبة الرئيسية في وجه التحول نحو الطاقـة المتجددة. وبرغم أن هناك مجموعة من العقبات تشترك في الفئتين، فإن غالبيتهـا تنـدرج في إحدى الفئتين. ومن المهـم في البدايـة إدراك طبيعـة ومجـال هـذه المعوقـات قبـل مناقـشة السياسات والبرامج اللازمة للحد منها والتغلب عليها.

الجدول (2-1)

العقبات في وجه اعتماد تقنيات تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتبني الطاقات المتجددة

- البنية التحتية للإمداد محدودة
- مشكلات الجودة
- نقص المعلومات والتدريب
- الحوافز في غير موضعها
- عدم توافر التمويل اللازم
- إجراءات الشراء
- سياسة التسعير والضرائب
- عقبات تشريعية وأخرى متعلقة بمؤسسات الطاقة
- عقبات سياسية

العقبات التي تعترض تحسين كفاءة الطاقة[1]

البنية التحتية المحدودة للإمداد

لا تتوافر تقنيات ترشيد الطاقة في كثير من البلدان وبخاصة في الدول النامية والشيوعية سابقاً، وبنفس الوقت تفتقر هذه الدول إلى وجود شركات خدمات الطاقة المتخصصة بمشاريع تحسين كفاءتها، ما يؤدي إلى الدوران في حلقة مفرغة. فبسبب أن الطلب قليل فإن الموردين لا يوفرون هذه المنتجات والخدمات المتعلقة بها، ويظل الطلب قليلاً بسبب محدودية العرض.

من الصعوبة بمكان أن يجد المرء الأجهزة ذات الكفاءة العالية في عديد من الدول النامية -إن كانت موجودة أصلاً- ومن أمثلتها أنظمة الإنارة ذات الكفاءة العالية،

والأدوات الكهربائية المنزلية، والمحركات، وأنظمة التحكم. إذا أخذنا الصين مثالاً نجد أنه من المتعذر إيجاد الأجهزة ذات الكفاءة العالية كالمحركات والأجهزة المدارة بمحركات وأنظمة تغيير السرعة الإلكترونية (Nadel et al. 2001). وفي بعض الدول النامية يجري إنتاج الأجهزة ذات الكفاءة العالية، ولكن يتم تخصيصها للتصدير ولا تسوّق على النطاق المحلي، ففي البرازيل مثلاً، يقومون بتصنيع أو تجميع المكيفات والمحركات ذات الكفاءة العالية، لكن لا يحدث تسويقها في البرازيل إلا على نطاق محدود جداً (Geller 2000).

يكون الجمع في كثير من الحالات بين الكفاءة العالية لاستخدام الطاقة وميزات أخرى لمنتج ما، سواء كان جهازاً كهربائياً منزلياً أو مبنى أو سيارة أو أي منتج آخر. ولا تتوافر للمستهلك خيارات التحديث نحو الأنظمة ذات الكفاءة العالية، حتى لو كان مستعداً لدفع المزيد للحصول على هذا الخيار، وهذه هي الحال في مجال السيارات والأجهزة المنزلية كالبرادات والمجمِّدات. إذا لم تكن ميزة الكفاءة العالية في استخدام الطاقة خياراً مستقلاً فإن المستهلك لا يأخذها باعتباره، وبنفس الوقت فإن المنتجين ليس لديهم الحافز القوي لتحسين الكفاءة.

مشكلات الجودة

إن أداء بعض التقنيات ذات الكفاءة العالية لا يصل إلى المستوى الذي يدعيه المصنعون، ويعود ذلك إما إلى أخطاء في التصنيع أو التركيب وإما إلى سوء الاستخدام. على سبيل المثال، في الولايات المتحدة الأمريكية عديد من أنظمة التكييف الموضوعة قيد الاستخدام ذات سعة أكبر من الحاجة أو أنها لم تركَّب بالشكل الفني الصحيح؛ وهو ما يؤدي إلى زيادة استهلاكها للطاقة (Neme, Proctor, and Nadel 1999). وينسحب الأمر على المباني الأمريكية فهي في معظم الأحيان تعمل بكفاءة أقل من الكفاءة التصميمية المتوقعة، وذلك لعدة أسباب منها عدم تكامل إجراءات تحسين كفاءة الطاقة بالشكل المطلوب، وأنه لم يجر تركيبها بالشكل الأمثل، ولم تُستلم بالشكل المناسب قبل استثمار

المبنى (Aitken 1998). إذا كانت هذه المشكلات في الولايات المتحدة فليس مستغرباً أن تكون منتشرة في عديد من دول العالم الأخرى.

تعتبر النوعية المتدنية للمنتجات ذات الكفاءة العالية مشكلة في عديد من الدول النامية. تتوافر مثلاً في الأسواق الصينية بعض المنتجات ذات الكفاءة العالية، كأجهزة الإنارة ومحولاتها، لكن الإنارة الصادرة عنها ضعيفة، وعمر هذه الأجهزة قصير وتعاني عيوباً؛ ما يؤدي إلى الإساءة لسمعة هذه المنتجات بشكل عام، وبالتالي عزوف المستهلك عنها (Nadel et al. 1999).

أما خدمات الطاقة الأخرى فقد لوحظ أنها لا ترتقي إلى المستوى المطلوب في عديد من الدول، حيث تبين في المملكة المتحدة أن عملية تدقيق الطاقة في المباني وتركيب الأنظمة ذات الكفاءة العالية تفتقر إلى الجودة المطلوبة، ويعتبر ذلك مشكلة (Crowley 2001). وفي تايلاند تعتبر الجودة المتدنية من حيث تدقيق الطاقة في القطاع الصناعي عقبة في وجه تحسين كفاءة الطاقة (Vongsoasup et al. 2002).

نقص المعلومات والتدريب

قد لا يكون المستهلك على دراية بالخيارات المتوافرة لتحسين كفاءة الطاقة، وحتى إذا كان مطلعاً عليها فليس لديه المعلومات اللازمة لتقدير ما يمكن توفيره من طاقة ومال أو فوائد أخرى، سواء على مستوى الصحة أو زيادة الإنتاجية. من جهة أخرى تساور المستهلكين الشكوك حول ما يعلنه العاملون في مجال خدمات الطاقة، سواء كانوا من المصنعين أو البائعين أو المقاولين أو شركات خدمات الطاقة، حول حجم الوفورات في الطاقة، وإن كان سيعمل النظام أو الجهاز ذو الكفاءة العالية بالشكل المطلوب بعد تركيبه في المنازل أو في الأبنية التجارية أو الصناعية.

يسدد المستهلك فاتورة الطاقة شهرياً، وبالتالي لا يعلم كلفة تشغيل كل جهاز بمفرده، ولا يمكن أن يحدد متى يمكن أن يستعيد ما دفعه نظير اعتماده إحدى تقنيات تحسين كفاءة الطاقة، كالأجهزة الكهربائية المنزلية، وأجهزة التدفئة، وسخانات المياه. أما أسعار الطاقة في المستقبل والتي لا يمكن التكهن بها فإنها تؤثر -ولا شك- في نجاح مشاريع تحسين كفاءتها.

في القطاع الصناعي والتجاري قد لا يتمتع المهندسون المسؤولون عن المحطات ولا مديرو المنشآت بالمهارات اللازمة لتحسين كفاءة الطاقة، وللتشغيل الأمثل للعمليات الصناعية أو لأنظمة البناء المختلفة. ويعاني كثير من الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم عدم وجود الكادر المؤهل في هذا المجال. أما في قطاع البناء فقد لا تتوافر الخبرات والمعلومات المطلوبة لتمكين المعماريين والمهندسين لتصميم البناء وتشييده وفق أحدث ما توصلت إليه تقنيات تحسين كفاءة الطاقة، أو لا يتمكنون من تنفيذ المبنى بحيث يحقق الحد الأدنى لمتطلبات كفاءة الطاقة، بينما من جهة أخرى قد لا يتمكن المقاولون من معرفة كيفية اختيار التقنيات الأساسية ذات الكفاءة العالية؛ كأنظمة التكييف والمضخات وتحديد قوتها ثم تركيبها بالشكل الأمثل.

وضع الحوافز في غير موضعها

تتعارض المصالح المادية لأولئك الذين يقومون بعمليات شراء الأنظمة ذات الكفاءة العالية مع أولئك الذين سيستفيدون من عمليات الشراء. ففي قطاع الأبنية على سبيل المثال، فإن المالك هو الذي يقوم بشراء الأجهزة، وعادة ما يحاول أن يضع نصب اهتمامه تخفيض الكلفة الأولية، ما يؤدي إلى شراء تجهيزات ذات نوعية سيئة لا تتمتع بالكفاءة العالية وغير قابلة للتحديث نحو الأنظمة الأكثر كفاءةً، بينما يقع على كاهل المستأجر الفواتير المستحقة بسبب استخدام هذه الأنظمة ذات الكفاءة المنخفضة. وما يؤكد صحة

ذلك أن استهلاك الطاقة والإنفاق عليها بالنسبة إلى وحدة المساحة الأرضية في المنازل المستأجرة والعامة أعلى بكثير منها في المنازل التي يسكنها مالكوها في الولايات المتحدة الأمريكية (DeCicco et al. 1995).

عندما يجري استدراج عروض لبناء منشأة ما يمنح العطاء للعرض الأرخص، ونادراً ما تصمَّم الأبنية السكنية والتجارية بحيث يتم تقليل كلفة تشغيل هذا المبنى خلال العمر الافتراضي له. وتشمل هذه الكلفة تكاليف الطاقة والتشغيل الأخرى إضافة إلى الكلفة الأولية. أما إذا نصّ الكود الحراري للأبنية على اتخاذ إجراءات لتحسين كفاءة الطاقة فيتم عندئذ أخذها بالحسبان من قبل المصمم. ويحاول المقاولون غالباً تخفيض الكلفة دون النظر إلى عواقب ذلك على صعيد الهدر في الطاقة، مثل عدم تطبيق العزل الحراري بالشكل المطلوب لمجاري الهواء الخاصة بأنظمة التدفئة والتكييف. ومن جهة أخرى قد لا تتوافر الموارد اللازمة أو الحوافز للمسؤولين المعنيين بمتابعة حسن تطبيق الكود الحراري للأبنية. وهذه العوامل مجتمعةً نادراً ما تؤدي إلى تصميم ثم تشييد بناء متكامل يستخدم الطاقة بفاعلية كبيرة (Lovins and Lovins 1997).

يمكن لهذه الحوافز أن تتجلى بصور أخرى. ففي روسيا مثلاً، يفتقر عديد من أنظمة التدفئة والإمداد بالغاز في الأبنية إلى أجهزة لقياس كمية الغاز أو التدفئة المستهلكة في الأبنية السكنية والتجارية، إضافةً إلى ذلك فإن شاغلي هذه الأبنية يدفعون مبلغاً ثابتاً شهرياً بغض النظر عن الاستهلاك، وبالتالي ليس لديهم أي حافز لترشيد الطاقة، ولا يمكن قياس الوفورات فيما لو تحققت (Martinot 1998). الشيء نفسه ينطبق على كثير من الدول ومن بينها الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تساهم الضرائب المفروضة على إنتاج واستهلاك الطاقة على المستوى المحلي بنسبة كبيرة في موازنات البلديات (Jochem 2000)، وهذا ما يؤدي بدوره إلى فتور حماستها لتحسين كفاءة الطاقة.

إجراءات الشراء

تكون عملية إنشاء بناء أو ترميمه وتأمين مختلف مستلزماته من الأسواق على أساس أقل كلفة أولية ممكنة، وليس أقل كلفة إجمالية، والأخيرة تشمل الكلفة الأولية وكلفة التشغيل. ويميل المستهلكون إلى شراء التجهيزات حسب المواصفات المطلوبة وذات الكلفة الأولية الدنيا، وهذا لا يشجع على إدخال إجراءات تحسين كفاءة الطاقة في هذه المنتجات، حتى لو كان سيُستردّ ما صُرف بشكل سريع.

تتسم كفاءة الطاقة بأنها عملية غير مركزية وتنتشر في كل مكان، حيث يتخذ ملايين المستهلكين العاديين وفي قطاع الأعمال قرارات تتعلق بكفاءة الطاقة في كل مرة يشترون جهازاً كهربائياً منزلياً، أو أجهزة إنارة، أو آليات النقل، أوحين إنشاء مبنى جديد، أو رفع الطاقة الإنتاجية لمنشأة صناعية ما، وفي جميع هذه الحالات يجري تجاهل كفاءة الطاقة أو لا تعطى الاهتمام المطلوب.

أشارت الأبحاث في الولايات المتحدة الأمريكية إلى أن ما يركز عليه المستهلك أكثر من كفاءة الطاقة أثناء شرائه جهازاً ما هو السعر في المقام الأول، ثم المواصفات الأخرى للجهاز كالأداء والقوة والموثوقية وشهرة الشركة الصانعة (Shorey and Eckman 2000). وفي بعض الظروف الطارئة حين تعطل أنظمة التدفئة في الشتاء أو أنظمة التكييف في الصيف، أو حين خروج أحد المحركات عن الخدمة في منشأة صناعية ما، يكون شراء التجهيزات اللازمة بشكل عاجل من دون توافر الوقت الكافي للبحث عن التجهيزات ذات الكفاءة العالية.

في قطاع الأعمال تشكل تكاليف الطاقة بالنسبة للكلفة الإجمالية التي تشمل الكلفة الأولية وكلفة التشغيل لإدارة مصنع ما نسبة ضئيلة جداً. تبلغ في الولايات المتحدة الأمريكية في قطاع الصناعات الإنتاجية 1-2٪ من الكلفة الإجمالية، طبعاً باستثناء

الصناعات التي تستهلك الطاقة بشكل كبير كصناعة الألمنيوم والفولاذ والـورق (Geller and Elliott 1994, Lovins and Lovins 1997). وينصب اهتمام قطـاع الأعـمال عـادةً على تطوير منتجات جديدة للمحافظة على الإنتـاج وزيـادة المبيعـات، أمـا كفـاءة الطاقـة فتحتل مكاناً ثانوياً، ويعتقد كثير من الشركات أن الاستثمار في مجال تقنيات تحـسين كفـاءة الطاقة محفوف بالمخاطر.

وبفعل هذه العوامل مجتمعة تفرض الشركات معدلاً مقبولاً لعائد الاستثمار في مجـال تحسين كفاءة الطاقة أعلى بكثير من كلفة رأس المـال أو الاسـتثمار في المجـالات الأخـرى[2] (DeCanio 1993). ولا يستغل عديد من الشركات الفرص المتاحة أمامها لزيادة أرباحها من خلال تحسين كفاءة الطاقة، وقد لا يشكل هذا مشكلة على الصعيد الفردي للشركات، ولكن هدر الطاقة والاستهلاك المتزايد لها يعتبر مشكلة على مستوى المجتمع.

عدم توافر التمويل

قد لا يجد المستهلك أو الشركات التمويل اللازم لمشاريع تحـسين كفـاءة الطاقـة. إن القروض التجارية الطويلـة الأجـل غـير متـوافرة في كثـير مـن البلـدان الناميـة والـدول الشيوعية سابقاً (Martinot 1998). كما أن شركات خدمات الطاقة غير قادرة على تقـديم التمويل للعملاء المحتملين، وبشكل خاص في الدول النامية.

إن الحصول على التمويل بفوائد منخفضة لإجراءات تحسين كفاءة الطاقة ومشاريعها المتوسطة الحجم ليس سهلاً حتى في الدول الصناعية. وبالنسبة للصناعات أو المـستهلكين الذين يرزحون تحت عبء ديون ثقيلة فإنهم غالباً غير قادرين -أو لا يرغبون- على تحمـل تكاليف أولية إضافية للحصول على منتجات ذات كفاءة عاليـة، في حـين يمكـن لمنتجـي الوقود الأحفوري والطاقـة الكهربائيـة الحـصول عـلى قـروض طويلـة الأجـل وبفوائـد منخفضة لتمويل محطات توليد الطاقة الجديدة ومشاريع الإمداد بها.

سياسة التسعير والضرائب

يدعم الكثير من الدول، سواء الغنية أو الفقيرة منها مصادر الطاقة التقليدية. لقد قدمت الحكومة الفيدرالية في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 145 مليار دولار بأسعار عام 1999 كدعم لقطاع الطاقة النووية خلال الفترة 1947-1997 (Goldberg 2000). وقدمت لشركات النفط حوافز ضريبية تعادل 140 مليار دولار خلال الفترة 1968-2000 (GAO 2000).

وبرغم تراجع الدعم الحكومي لقطاع صناعة الوقود الأحفوري والكهرباء، مازال كثير من الدول في العالم يسير على هذا النهج. فقد تلقت شركات النفط في الولايات المتحدة الأمريكية عام 2000 حوافز ضريبية تعادل 1.5 مليار دولار (GAO 2000). بينما قدمت ألمانيا حوافز ضريبية لشركات إنتاج الفحم مقدارها 5 مليارات دولار سنوياً من عام 1998 (IEA 2000f). وقدمت الهند دعماً لمستهلكي الطاقة الكهربائية، وبخاصة المنتجون الزراعيون، يعادل 3 مليارات دولار (Shukla et al. 1999). ودفع العاملون في قطاع الزراعة في الهند فقط 0.5 سنت لكل كيلوواط ساعي عام 1998، وهذا ما يعادل عُشر متوسط كلفة الطاقة الكهربائية (Jochem 2000). إن دعم أسعار الطاقة لا يشجع المستهلك على استخدامها بفاعلية.

يستمر عدد من الدول الشيوعية سابقاً في تقديم الدعم الكبير لأسعار الطاقة برغم تراجعها في السنوات الأخيرة. في روسيا على سبيل المثال، أنفقت الدوائر البلدية نسبة تتراوح بين 25 و45٪ من ميزانياتها على دعم تدفئة البيوت السكنية أواخر التسعينيات، وهذا ما يعادل نصف قيمة فواتير التدفئة (Jochem 2000). إلى ذلك فإن عدداً كبيراً من المستهلكين، سواء في المنازل أو في الصناعة، لا يسددون ما يترتب عليهم من تكاليف نتيجة استخدامهم للطاقة.

من النادر أن تعكس أسعار الطاقة الكلف الكاملة المرتبطة بإنتاجها واستخدامها، إضافة إلى كلفها الاجتماعية والبيئية، حتى لو لم يتم دعم أسعار الطاقة. إن أسعار الطاقة الكهربائية لا تشمل الكلفة الكاملة التي يتحملها المجتمع، ولاسيما تلك الناتجة عن تلوث الهواء والماء والتربة، أو ما تسببه منشآت توليد الطاقة وإمداداتها.[3] إن أسعار البنزين والمنتجات النفطية الأخرى لا تتضمن الكلف الأخرى التي يتحملها المجتمع بسبب التلوث المرافق لإنتاجه ومن ثم احتراقه، إضافة إلى النفقات العسكرية اللازمة لحماية إمدادات النفط أو الاضطراب الاقتصادي الذي يصاحب الصدمات الدورية لأسعار النفط. إن الفشل في تضمين هذه الكلف الاجتماعية والبيئية في أسعار الطاقة، يؤدي إلى المبالغة في استهلاك الطاقة بالنسبة لما يمكن أن يكون مقبولاً اجتماعياً.

ترتكز أسعار الطاقة على القيم الوسطية، فهي لا تعكس تغير كلفة إنتاج الطاقة بتغير الوقت أثناء اليوم أو السنة، فعلى سبيل المثال تكون كلفة الإمداد بالطاقة الكهربائية أعلى بكثير أثناء فترات الذروة حيث يسود الطلب العالي على الطاقة مقارنة بالأوقات الأخرى. وإذا لم يطالَب المستهلك بكلفة استهلاك الطاقة بحسب الوقت الذي يلبي حاجته من الطاقة، فلن يكون للمستهلك أي حافز مادي لتخفيف طلبه على الطاقة أو التحول باتجاه الأوقات التي يكون ثمن الطاقة فيها أقل كلفة.

لا تشجع السياسة الضريبية الاستثمارات الكبيرة في مجال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة. ويمكن للشركات في الولايات المتحدة الأمريكية أن تقوم بحسم تكاليف الطاقة من عوائدها التي يكون بعد ذلك حساب ضريبة الدخل منها. يجب حساب استهلاك رأس المال خلال عدد كبير من السنين قد يصل إلى 30 عاماً أو أكثر، وهذا ما يجعل قطاع الأعمال يواجه صعوبة كبيرة في تبرير القيام بمشاريع تحسين كفاءة الطاقة. وبشكل مشابه فإن بعض الولايات تفرض ضرائب على مبيعات الأجهزة ذات الكفاءة العالية، بينما لا تفرض ذلك على الوقود أو الكهرباء.

العقبات التنظيمية والمؤسسية

تزداد أرباح مؤسسات الطاقة في أغلب الحالات بشكل طردي مع زيادة مبيعاتها من الكهرباء والغاز الطبيعي، وتنخفض إذا ما خفض المستهلك من استخدامه للطاقة، وبالتالي فإن مؤسسات الطاقة ليس لديها أي حافز لتشجيع تحسين كفاءة الطاقة، مع أن ذلك يصب في مصلحة المستهلك والمجتمع بعامة. وتنشأ هذه العقبة من الأسلوب الذي يتم به تنظيم التعرفة والربح (Hirst, Blank, and Moskovitz 1994).

يمكن لعملية خصخصة مؤسسات الطاقة وتحريرها أن تعوق الاستثمار في مجال تحسين كفاءة الطاقة. لقد انخفض حجم الاستثمارات في مجال إدارة جانب الطلب في الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة 50٪ بين عامي 1993 و1998، بسبب القيام بسياسة التحرير أو تبنيها في عدد من الولايات[4] (Nadel and Kushler 2000). وتقوم مؤسسات الطاقة بتقليص برامج تحسين كفاءة الطاقة والكلف الأخرى غير الضرورية، ضمن إطار المنافسة المستعرة في مجال توليد الطاقة وتحجيم القواعد التنظيمية.

إن ما يزيد الوضع سوءاً في بعض الدول خصخصة شركات الطاقة وتقسيمها إلى عدة شركات؛ واحدة للتوليد والثانية للنقل والأخيرة للتوزيع، كما يحدث في عديد من الدول. وشركات توزيع الطاقة تتمتع بحوافز مالية أقل للاستثمار في مجال تحسين كفاءة الطاقة لدى المستخدم النهائي مقارنةً بالشركة المتكاملة عمودياً، لأن أرباحها ستتناقص بشكل أكبر مع انخفاض مبيعات الطاقة (Cowart 2001). وتركز الشركات الحديثة العهد بالخصخصة عادةً جل اهتمامها على تحقيق الأرباح على المدى القصير، ولا تنظر إلى المكاسب الاجتماعية والاقتصادية البعيدة المدى التي تنعكس على المجتمع بعامة، مع الأخذ في الاعتبار التوجه الربحي للشركات التي يملكها مستثمرون أو الشركات الأخرى التي تشتري مؤسسات الطاقة حول العالم (Clark 2000).

يمكن لمؤسسات الطاقة أن تضع عوائق أخرى أمام توليد الطاقة باستخدام الدارة المركبة للكهرباء والحرارة في موقع استهلاكها، والتي تعتبر تقنية ذات كفاءة عالية، حيث ترفض مؤسسات الطاقة إبرام عقود طويلة الأجل لشراء فائض الطاقة المولدة بأسعار معقولة، وتضع متطلبات صعبة المنال للوصول لشبكتها الكهربائية، أو تفرض رسوماً مبالغاً فيها للوصول الاحتياطي إلى الشبكة المركزية، ويمكن لهذه المؤسسات أيضاً أن تفرض ما يسمى رسم خروج عالياً في حال رغبت الشركة في الانفصال عن الشبكة المركزية وتوليد حاجتها من الطاقة بنفسها في الموقع (Casten 1998).

العقبات السياسية

تقوم الصناعات القوية بمعارضة ومنع اتخاذ أي إجراءات سياسية قد تؤدي إلى تحسين كفاءة الطاقة. على سبيل المثال، تعارض الشركات العاملة في قطاع الفحم والنفط، إضافة إلى الصناعات التي تعتمد بشكل كبير على الطاقة، فرض ضرائب على الوقود الأحفوري أو على انبعاثات أكسيد الكربون. وتعارض الشركات المنتجة للسيارات أيضاً اعتماد الكود الخاص بكفاءة استهلاك الوقود للسيارات، إضافة إلى أنها تقف في وجه فرض ضرائب على السيارات ذات الاستهلاك العالي للوقود. والشيء ذاته ينطبق على قطاع البناء وصناعة التجهيزات الكهربائية، حيث تعارض هذه القطاعات فرض حد أدنى لكفاءة الطاقة لمنتجاتهم.

تتمتع مصالح هذه الشركات بنفوذ سياسي كبير، وهي متحمسة جداً لمنع تبني أي سياسات من شأنها أن تؤثر سلباً في مصالحها. أما المعسكر الآخر الذي يمكن أن يستفيد من تبني مثل هذه السياسات فهو أقل تنظيماً وحماساً ونفوذاً في الدوائر السياسية. إن المثال الواضح على هذه المعضلة هو فشل الولايات المتحدة الأمريكية خلال الخمسة عشر عاماً الماضية في تبني كود قوي لتحسين كفاءة الوقود في السيارات. مثال آخر على ذلك هو تجربة فرض ضرائب على الطاقة أو الانبعاثات في الولايات المتحدة، إذ تساهم صناعة الوقود

الأحفوري بشكل كبير في الحملات السياسية، وتمكنت بفضل نفوذها من الوقوف في وجه إقرار ضرائب مرتفعة على الطاقة وانبعاثات أكسيد الكربون.[5]

تؤدي هذه العقبات مجتمعة إلى ما تمكن تسميته أحياناً "فجوة الكفاءة"، حيث يطلب المستهلك والشركات أيضاً عائد ربح عالياً يعادل حوالي 30٪ أو أكثر (هذا يعني أن فترة استرداد رأس المال ثلاث سنوات أو أقل) قبل الاستثمار في مشاريع رفع كفاءة الطاقة. إن هذا العائد الربحي أعلى بكثير من كلفة رأس المال الاجتماعية أو السوقية، ويجب أن يؤخذ بالحسبان أن فجوة الكفاءة هذه إنما نتجت عن قرارات الشراء والسلوك الفعلي، هذه القرارات التي تعكس مجموعة من الإخفاقات في السوق والعقبات التي ذكرت فيما سبق، وهي لا تعكس الخيار الواعي فيما يتعلق بدور المستهلكين وقطاع الأعمال.

العقبات في وجه استخدام الطاقة المتجددة[6]

ضعف البنية التحتية للإمدادات

لا تتوافر أنظمة الطاقة المتجددة المحدودة؛ كأنظمة التسخين الشمسي والكهرشمسية بيسر، وبخاصة في المناطق الريفية حيث يمكن أن تكون أكثر جدوى اقتصادياً، كما أن بعض الدول لا تتوافر فيها تقنيات طاقة الرياح والطاقة الحيوية الكبيرة الحجم. ويتسم الطلب على الطاقة المتجددة بتفاوت كبير، بحيث لا يمكن تسويغ إنتاجها محلياً واستيرادها أو تسويقها، وهذا ما يؤدي إلى الدوران في حلقة مفرغة؛ حيث تتردد الشركات الخاصة في دخول مجال الطاقة المتجددة في مناطق جديدة لم تتوافر أسواق لها، ولا يمكن للأسواق أن تتأسس من دون وجود موردين محليين لهذه التقنيات.

إن إنتاج كثير من تقنيات الطاقة المتجددة في تزايد مستمر، لكنه يظل في بعض الحالات دون المستوى المطلوب لتحقيق قفزة كبيرة في الإنتاج وخفض سريع لكلفة الإنتاج. ضمن هذا الإطار الضيق للإنتاج والمبيعات سترتفع الكلفة العملياتية

والتسويقية، ومادامت الأسعار مرتفعة فسيظل الطلب محدوداً. على سبيل المثال، مازالت كلفة الأنظمة الكهرضوئية عالية، وبالتالي فالطلب عليها محدود وهو محصور بعدة تطبيقات في أسواق معينة، مع أن الجهود مازالت حثيثة لتشجيع وتركيب مثل هذه الأنظمة (Oliver and Jackson 1999).

تتميز كلفة تقنيات الطاقة المتجددة بأنها مرتفعة في الدول غير المنتجة لها مقارنة بكلفة الطاقة المنتجة من مصادر محلية، فعلى سبيل المثال، مازالت تعتبر مساهمة طاقة الرياح الموصولة بالشبكة في الصين متواضعة، لأن تصنيع تربينات الرياح لا يحدث على نطاق واسع فيها، وكلفة الكهرباء من التربينات المستوردة مرتفعة نسبياً (Lew et al.1998, Lew and Logan 2001). إن الافتقار إلى تصنيع محلي للأنظمة الكهرضوئية يؤدي إلى رفع الكلفة وتحجيم السوق في عديد من الدول النامية، إضافة إلى أن فرض رسوم جمركية على تقنيات الطاقة المتجددة المستوردة يضاعف هذه المشكلة.

مشكلات الجودة

تفتقر بعض تقنيات الطاقة المتجددة مثل الأنظمة الكهرضوئية والطاقة الحيوية إلى المعايير وضبط الجودة. فعلى سبيل المثال، تراجع نمو سوق الأنظمة الكهرضوئية في أفريقيا بسبب الجودة المتدنية لعديد من المنتجات (Simm, Haq, and Widge 2000). تعاني هذه الأنظمة عيوباً في التجميع أو التركيب، تؤدي إلى تدهور الأداء، كما أن خدمات ما بعد البيع كالصيانة والإصلاح متدنية، وهذا ما يحدث في كينيا وزيمبابوي وجنوب أفريقيا (Martinot et al. 2002, Simm, Haq, and Widge2000).

نقص المعلومات والتدريب

تشابه الحالة هنا وضع مشاريع تحسين كفاءة الطاقة، فالمستهلك ليس على علم بخيارات الطاقة المتجددة المتاحة، أو الموردين المحليين، أو فرص التمويل المتاحة، وتنقصه

البيانات الموثقة عن الأداء والموثوقية، أو الفوائد الاقتصادية للخيارات المختلفة للطاقة المتجددة، إضافةً إلى أن الحصول على هذه المعلومات يتطلب وقتاً ومالاً.

وفي جانب العرض، تحتاج صناعة الطاقة المتجددة إلى معطيات دقيقة حول المصادر المختلفة للطاقة؛ كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية والطاقة الحرارية لجوف الأرض، وهذا لا غنى عنه من أجل إعداد أنظمة الطاقة المتجددة وتحديد حجمها وقوتها ثم تركيبها. لكن في واقع الأمر فإن تقويم مصادر الطاقة المتجددة غير متاح في بعض المناطق، ويعتبر هذا أحد الأسباب التي تعوق انتشار تقنيات طاقة الرياح في الصين على سبيل المثال (Lew and Logan 2001).

وقد لا تتوافر لصناعة الطاقة المتجددة المعطيات حول العملاء المحتملين ورغبتهم في اعتماد تقنيات الطاقة المتجددة. إن عدم توافر هذه المعطيات عن الأسواق يعتبر مشكلة، وبخاصة للشركات التي تحاول تسويق التقنيات الأحدث كالأنظمة الكهرضوئية وتقنيات الطاقة الحيوية، إلى ذلك فإن شركات توليد الطاقة تنقصها البيانات المتعلقة بكيفية تأثير خرج تقنيات الطاقة المتجددة، كالرياح والأنظمة الشمسية، في التحميل وخاصة تقليل التحميل في وقت الذروة.

عدم توافر التمويل

بسبب الفترة الزمنية الطويلة نسبياً اللازمة لاسترداد رأس المال حين يجري استثماره في تقنيات الطاقة المتجددة، من الضروري إيجاد تمويل طويل الأجل وبفوائد منخفضة وبشروط ميسرة. تتردد الجهات المانحة التقليدية، كبنوك التنمية الوطنية والمصارف الخاصة، في تقديم القروض لتقنيات الطاقة المتجددة بسبب الحجم الصغير لهذه المشاريع، وعدم المعرفة بهذه التقنيات واعتبارات أخرى. وتعتبر عملية الحصول على قروض في المناطق الريفية في الدول النامية شائكة، حيث تواجه العائلات الفقيرة صعوبة في تأمين الضمانات المقبولة للمصارف.

تدفع العائلات الفقيرة في الريف وبشكل طبيعي ما بين 3 و15 دولاراً شهرياً للطاقة على شكل شموع وكيروسين وبطاريات (Martinot, Cabraal, and Mathur 2000). وهي مستعدة لدفع المزيد في سبيل الحصول على خدمات أفضل ومصادر للطاقة عالية الجودة، كالأنظمة الكهرضوئية وأجهزة الإنارة المحمولة. لكن لجعل هذه الخيارات حقيقة يجب توافر القروض الميسرة الطويلة لأجل وبفوائد منخفضة.

إن توافر التمويل بفوائد منخفضة يمكن أن يكون له تأثير كبير في الجدوى الاقتصادية لتقنيات الطاقة المتجددة في الدول الصناعية. فقد نجم عن تمويل الخلايا الكهرضوئية من قبل مؤسسات الطاقة العامة في الولايات المتحدة الأمريكية، مثلاً، أن تكلفة الطاقة الشمسية صارت أقل بمقدار الثلثين تقريباً، مما لو موِّلت من قبل جهات خاصة (Jones and Eto 1997).

سياسة التسعير والضرائب

ما ينطبق في حالة تحسين كفاءة الطاقة ينطبق أيضاً على تقنيات الطاقة المتجددة، حيث لن تستطيع تقنيات الطاقة المتجددة أن تنافس نظيرتها التقليدية في ظل استمرار الدعم الحكومي أو عدم شمول أسعارها للكلف الحقيقية. في الهند، على سبيل المثال، يصعب جداً أن تتمكن الطاقة الحيوية، أو غيرها من أشكال الطاقة المتجددة، منافسة محركات الديزل أو الكهرباء في إدارة مضخات المياه، بسبب الدعم الحكومي الكبير الذي تحظى به أسعار الكهرباء ووقود الديزل في الريف (Martinot et al. 2002).

لا تعكس أسعار الكهرباء الكلفة الكاملة لتوسيع الشبكة الكهربائية في المناطق الريفية في الدول النامية، وهذا ما يعوق اعتماد تقنيات الطاقة المتجددة التي تتصف باللامركزية، كأنظمة الخلايا الكهرضوئية التي تتميز بفاعلية كلفتها مقارنة بتوسيع الشبكة الكهربائية، فيما لو أُخذت الكلف الحقيقية بالاعتبار.

وكما هو واضح فنادراً ما تعكس أسعار الطاقة الكلفة الكاملة التي يتحملها المجتمع، الناتجة عن إنتاج الوقود التقليدي واستخدامه، والتي تشمل الكلفة الاجتماعية والبيئية. كما أن السعر الذي تقدمه مؤسسات الطاقة لقاء شراء الطاقة المولدة من تقنيات الطاقة المتجددة لا يعكس أيضاً الفوائد الكاملة لها مثل تنوع المصادر، وزيادة موثوقية النظام، وتخفيض حمولات الذروة، وما إلى ذلك. إن هذا التشويه للأسعار يجعل تقنيات الطاقة المتجددة في وضع صعب لا يسمح لها بمنافسة مصادر الطاقة التقليدية.

يمكن للسياسة الضريبية أيضاً أن تثبط اعتماد المشاريع الكبيرة لتقنيات الطاقة المتجددة، وتنطبق هذه الحال على قطاع الأعمال حيث تُحسب ضريبة الدخل على مجمل أعمال الشركة بعد حسم تكاليف الوقود، بينما يُحسب استهلاك الأجهزة الخاصة بتقنيات الطاقة المتجددة خلال سنين عديدة. وتفرض بعض الدول ضرائب مرتفعة على مستورداتها من تقنيات الطاقة المتجددة ومكوناتها، كالخلايا الكهرضوئية وتربينات الرياح، وهو ما يؤدي بالطبع إلى ارتفاع كلفتها، فالاستثناءات الضريبية التي تمنح لمصادر الطاقة التقليدية مثل بدل النضوب لا تشجع على استخدام تقنيات الطاقة المتجددة.

العقبات التنظيمية والمؤسسية

تعوق مؤسسات الطاقة تطور تقنيات الطاقة المتجددة من خلال وضع متطلبات تعجيزية للربط بالشبكة، رافضة أن تدفع تعرفة معقولة أو أن توافق على تنظيم عقود طويلة الأجل للكهرباء الفائضة والعائدة إلى الشبكة، أو تعمد إلى تعقيد الإجراءات الإدارية. إن العاملين في مجال السعات الصغيرة تحت 20 كيلوواط ليس لديهم الوقت الكافي ولا المال اللازم للتفاوض مع مؤسسات الطاقة حول شروط الوصل ومبيعات الطاقة على أساس كل مشروع على حدة.

تحتاج عملية إقامة مشاريع تقنيات الطاقة المتجددة المركزية، والحصول على التراخيص اللازمة إلى كثير من الوقت والمال. على سبيل المثال، من السهل نسبياً الحصول

على الموافقات اللازمة لإقامة وتركيب تربينات الهواء على نطاق واسع في الدنهارك وألمانيا، لكن هذا الأمر صعب جداً في هولندا والسويد (Jacobsson and Johnson 2000).

العقبات السياسية

يفضل عديد من الحكومات مصادر الطاقة التقليدية، كالوقود الأحفوري وتقنيات توليد الطاقة الكهربائية، على تقنيات الطاقة المتجددة. ويعود ذلك لعدة أسباب، منها أنها أصبحت مألوفة وجزءاً من التقاليد، والقوة الاقتصادية والنفوذ السياسي الكبير لقطاع صناعات الطاقة التقليدية. وهناك معوقات أخرى إضافية في الدول النامية تتمثل في رفض المؤسسات المالية الدولية، كالبنك الدولي وبنوك التنمية الدولية، تمويل مشاريع تقنيات الطاقة المتجددة بسبب حجمها الصغير، وما تنطوي عليه من تعقيدات ومخاطر عالية وعوامل أخرى (Martinot 2001).

وكما الحال بالنسبة لإجراءات تحسين كفاءة الطاقة، يمكن لبعض الجهات -لأسباب خاصة بها- أن تمارس ضغوطاً على الدوائر السياسية لمنع تبني أي سياسة من شأنها أن تدفع بتقنيات الطاقة المتجددة إلى الأمام. هناك جهات عديدة، مثل مؤسسات الطاقة، ومنتجي الوقود الأحفوري، وبائعي تقنيات الطاقة التقليدية، غالباً ما تعارض تقديم حوافز مالية أو إنشاء احتياطيات في السوق للطاقات المتجددة. على سبيل المثال، حدث هذا في ألمانيا خلال تسعينيات القرن الماضي حينما توسع استخدام طاقة الرياح، ولحسن الحظ تمكن المصنعون ومالكو أنظمة طاقة الرياح من هزيمة مؤسسات الطاقة الضخمة في سعيها لتقليل الحوافز المالية، بالتصويت الذي جرى في البرلمان الألماني، وإن كان ذلك بفارق قليل (Jacobsson and Johnson 2000).

في الولايات المتحدة الأمريكية يعارض معظم مؤسسات الطاقة إنشاء احتياطيات في السوق للكهرباء الناتجة عن الطاقة المتجددة، وتمنع تبني مثل هذه الاحتياطيات على

المستوى الوطني وفي كثير من الولايات (ولكن ليس كلها). وبالمثل، تعارض شركات النفط وتمنع تبني إنشاء احتياطيات في السوق للوقود الناتج عن الطاقة المتجددة. من جهة أخرى، يتصف قطاع الطاقة المتجددة بأنه غير ناضج نسبياً، ونفوذه أقل بكثير لدى الدوائر السياسية مقارنة بقطاع صناعات الطاقة التقليدية.

إن مجمل هذه العوائق المترابطة يسبب كثيراً من المشكلات والصعوبات لتقنيات الطاقة المتجددة في التنافس مع مصادر الطاقة التقليدية في السوق. وبعض العقبات المذكورة أعلاه يعوق التطبيقات المنفصلة عن الشبكة، بينما تنطبق الأخرى أكثر على تطبيقات تقنيات الطاقة المتجددة المرتبطة بالشبكة. ولكن، من دون مبادرات سياسة تستهدف التغلب على هذه العقبات، ستبقى مصادر الطاقة المتجددة محصورة بنطاق ضيق، وتسهم بالقليل نسبياً في إمدادات الطاقة العالمية في العقود المقبلة.

الخلاصة

تحدّ مجموعة من العقبات تبني إجراءات تحسين كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة في العالم. بعض هذه العوائق ذو طبيعة تقنية (الانتشار المحدود للمنتجات، مشكلات الجودة)، والبعض الآخر يرتبط بالسلوك الإنساني (عدم إعطاء الأولوية المناسبة لقضايا الطاقة أو اعتماد الكلفة الأولية للجهاز أساساً للشراء). وهناك عوائق أخرى تتعلق بعيوب في الآلية التي تعمل بها السوق (دعم أسعار الطاقة، عدم شمول أسعار الطاقة الكلف الاجتماعية والبيئية، عدم توعية المستهلك بالشكل المطلوب). بينما يرتبط بعضها الآخر بالسياسات العامة والمؤسسات (عدم وجود حافز مغرٍ لإجراءات تحسين كفاءة الطاقة واستخدام تقنيات الطاقة المتجددة، وكذلك القواعد التنظيمية التي تثبط التحرك في هذا الاتجاه، والسياسات الضريبية التي لا تشجع هذه التقنيات).

من الممكن التغلب على معظم العوائق المذكورة في هذا الفصل، وذلك من خلال سياسة عامة تنويرية موجهة نحو وقف دعم أسعار الطاقة، وتوفير تقنيات الطاقة المتجددة، وتحسين كفاءة الطاقة، وتحسين أداء هذه التقنيات، وتوعية وتدريب المستهلك، وفرض حدود معينة للكفاءة أو استخدام الطاقة المتجددة، وتوفير التمويل المناسب.

لكن تظل هناك بعض العوائق التي لا تمكن إزالتها من خلال السياسات العامة، مثل عدم إعطاء قضايا الطاقة الأولوية المناسبة التي تستحق، أو اعتماد الكلفة الأولية للمنتج كأساس للشراء، وليس الكلفة الكاملة التي تشمل كلف التشغيل خلال العمر الافتراضي للجهاز. ولا يمكن حتى للحوافز المالية ولا القوانين أن تتغلب على هذه العوائق المنتشرة في كل مكان. إن إعداد هذه السياسات العامة وتطبيقها هما محور الفصلين القادمين.

الفصل الثالث

خيارات السياسة

ليس ثمة حلول سهلة ومضمونة للتغلب على العوائق التي تقف في وجه الانتقال نحو مستقبل مستدام، وهناك حاجة للمبادرة بعديد من السياسات لتحسين كفاءة الطاقة، وتوفير تقنيات الطاقة المتجددة على نطاق واسع. ويمكن تصنيف هذه السياسات ضمن الفئات الآتية:

- البحث والتطوير والتوعية.
- التمويل.
- الحوافز المالية.
- التسعير.
- الاتفاقيات الطوعية.
- القواعد التنظيمية.
- نشر المعلومات والتدريب.
- المشتريات.
- إصلاحات السوق.
- فرض التزامات على السوق.
- تنمية القدرات.
- تقنيات التخطيط.

يبين الشكل (3-1) ما يعرف بمنحنى الانتشار التقليدي، وهو على شكل حرف S، وهو دور مختلف السياسات وتأثيرها في السوق فيما يتعلق بقنية معينة. يوضح الشكل أن بعض هذه السياسات، كالبحث والتطوير والحوافز المالية ومبادرات المشتريات، مناسب جداً لحفز الاستغلال التجاري لتقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، وفتح أسواق أولية للتقنيات الجديدة. أما بالنسبة للسياسات الأخرى، كالتمويل والاتفاقيات الطوعية ونشر المعلومات، فإن الهدف منها يتمثل في تسريع وتيرة تبني التقنيات الجديدة حالما تدخل السوق.

وغالباً ما تلعب سياسات معينة، كالقواعد التنظيمية وفرض التزامات على السوق، دوراً في زيادة حصة هذه التقنيات في السوق إلى الحد الأقصى، أو لاستكمال عملية التحول الهيكلي في السوق. لكن ما لا شك فيه أن هناك كثيراً من الاستثناءات لهذه القواعد العامة (يمكن استخدام الالتزامات المفروضة على السوق لحفز الاستغلال التجاري، ويمكن لهذه الحوافز أيضاً أن تكون عاملاً مساعداً ضمن هذه العملية).

تتضمن المعالجة المتكاملة لإحداث التحولات الهيكلية في السوق غالباً مجموعة من الإجراءات منها "الدفع التكنولوجي" technology push* الذي يجرى من خلال البحث والتطوير والتوعية RD&D؛ و"سحب الطلب" demand pull** ويجرى من خلال الحوافز المالية والتعليم والتدريب والمشتريات وفرض التزامات على السوق؛ و"تحويل السوق" market conversion الذي يجرى من خلال المعايير والكودات (Loiter and Norberg-Bohm 1999). إلى ذلك، فإنه من الممكن لإجراءات أخرى، كإصلاح نظام تسعير الطاقة، وتنمية القدرات، واستخدام تقنيات التخطيط، أن تساعد في التنفيذ الفعال لسياسات أخرى أكثر تحديداً. ويمكن للمعالجة المتكاملة أيضاً أن تعالج كافة العوائق المنتشرة سواء على الصعيد القطري أو المحلي.

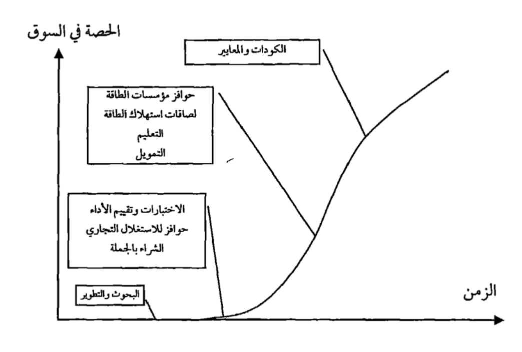
---

* الدفع التكنولوجي: تطور تقني ينبع من المؤسسة نفسها من دون النظر إلى وجود طلب أو حاجة عند المستهلك.

** سحب الطلب: تطور تقني ينتج لتلبية حاجات ومتطلبات المستهلكين. (المترجم)

الشكل (3-1)

خيارات السياسة للمساعدة على إجراء تحولات السوق



المصدر: Nadel and Latham 1998.

يعتمد مزيج السياسات المناسب في كل حالة على الخواص التقنية والعقبات الموجودة وحالة السوق. ويطلق أحياناً على الإطار الذي يشمل هذه العوامل "النظام الإبداعي" (Jacobsson and Johnson 2000). يتضمن النظام الإبداعي مجموعة كبيرة من العوامل، منها القاعدة المعرفية، والأسعار والأداء النسبي للتقنيات المنافسة، وسلوك العوامل المختلفة في السوق (المورد لهذه التقنيات والمستهلك)، والمؤسسات التي يمكن أن تعوق أو تعزز الابتكار، وأخيراً السياق الثقافي.

يمكن في بعض الحالات تعزيز كفاءة الطاقة، وتبني الطاقة المتجددة من خلال الأنظمة الإبداعية المتوافرة. وفي حالات أخرى لا تفي الأنظمة المتوافرة بالحاجة، ولابد حينئذ من إيجاد أنظمة إبداعية جديدة (Jacobsson and Johnson 2000). ومن نافلة القول أن هذه المفاهيم العامة (مثل الدور الذي تلعبه السياسات المختلفة في عملية

الانتشار في السوق، وضرورة تكامل السياسات للتغلب على العوائق المتعددة وإجراء تحول في السوق، ثم تنفيذ هذه السياسات ضمن نظام إبداعي معقد وواسع) يجب أن تبقى في الأذهان أثناء محاولة وضع سياسة معينة وتجريبها، وهذا ما سيناقَش في الفقرات القادمة.

البحث والتطوير والتوعية

يلعب البحث والتطوير والتوعية دوراً أساسياً في توسيع القاعدة المعرفية والمحافظة على استمرارية عملية ابتكار تقنيات الإمداد بالطاقة والاستخدام النهائي لها. ومما لا شك فيه أن التمويل الحكومي للبحث والتطوير والتوعية له ما يبرره بسبب تراجع استثمارات القطاع الخاص في هذا المجال، بالنسبة لما هو مطلوب من وجهة نظر المجتمع. يقدم البحث والتطوير والتوعية عديداً من الفوائد التي تمس المجتمع، ولا يستطيع القطاع الخاص أن يستوعبها، كتنوع أكبر لمصادر الوقود، وتخفيض انبعاثات المواد الملوثة، وتعزيز الأمن القومي وزيادة المعرفة للمجتمع عامةً (NAS 2001a).

تميل الشركات الخاصة أيضاً إلى تقليص استثماراتها في مجال البحث والتطوير والتوعية، لأن تركيزها ينصب على الأرباح القصيرة المدى، إضافة إلى مخاوفها من عدم استعادة كلف التطوير والاستغلال التجاري للتقنيات الجديدة، وقلقها من أي ميزة تنافسية لا تتصف بالديمومة (PCAST 1997).

لقد أثمر التمويل الحكومي للبحث والتطوير والتوعية خلال القرن العشرين، تطوير تقنيات عديدة في مجال تحسين كفاءة الطاقة، ومصادر الطاقة المتجددة. على سبيل المثال، كان للبحث والتطوير والتوعية في الولايات المتحدة الأمريكية الدور الفيصل في رؤية كثير من الابتكارات النور في مجالات متعددة، نذكر منها طاقة الرياح، وتقنيات الإنارة، والأجهزة المنزلية ذات الكفاءة العالية، وأنظمة الطاقة الشمسية، وتقنيات البناء، وأنواعاً

متطورة من التربينات والمحركات، وأصنافاً متعددة مـن الوقـود الحيـوي (DOE 2000, DOE .Geller and McGaraghan 1998, Loiter and Norberg-Bohm 1999)

قدَّرت الأكاديمية الأمريكية الوطنية للعلوم العائد المالي النـاتج عـن 17 مـشروعاً في مجال البحث والتطوير والتوعية موَّلتها وزارة الطاقة الأمريكية بحوالي 30 مليـار دولار في الفترة 1978-2000، كمكاسب اقتصادية مباشرة. وهذا العائد أكـبر بكثـير مـن الإنفـاق الإجمـالي الحكـومي في الفـترة ذاتهـا، وهـو 7 مليـارات دولار (NAS 2001 a). وهنـاك مكاسب كبيرة أخرى على الصعيد البيئي والأمن القومي وأخرى غير مباشرة.

لقد انخفضت كلفة طاقة الرياح بحوالي عشر مرات، بينما انخفضت كلفة الطاقة مـن الخلايا الكهرضوئية أكثر من عشر مرات، والطاقة الحرارية الشمسية بأكثر من خمس مرات خلال الخمسة والعـشرين عامـاً الماضـية متجـاوزة التوقعـات الموضـوعة (IEA 2000e, McVeigh et al. 1999). وكان للبحث والتطوير والتوعيـة دور أسـاس في تحقيـق هـذه الإنجازات، إذ نتج عن البحث والتطوير والتوعية في اليابان مثلاً انخفاض تجـاوز 70٪ في كلفة الأنظمة الكهرضوئية خلال الفترة 1976-1990 (IEA 2000e). وساعد ذلك أيضاً على تحسين أداء أنظمة طاقة الرياح وخفـض كلفتهـا خـلال الثمانينيـات والتـسعينيات في القرن الماضي (IEA 2000e, Johnson and Jacobsson 2001, Loiter and Norberg-Bohm 1999).

لقد انخفض الدعم الموجه نحو البحث والتطوير والتوعية في مجال الطاقـة، وبـشكل كبير في عديد من الدول الغربيـة خـلال ثمانينيـات وتـسعينيات القـرن المـاضي (Dooley 1998, IEA 2001f). ويلاحظ هذا في مشاريع البحث والتطوير والتوعية الممولـة، سـواء من القطاع العام أو الخـاص. فقـد تقلـص الـدعم المـالي الفيـدرالي في الولايـات المتحـدة الأمريكية لمشاريع البحث والتطوير والتوعية في مجال تقنيات الطاقة بنسبة 63٪ بين عـامي 1980-1997 (الشكل 3-2). وترتبط هذه النزعة بانخفاض الابتكارات في مجـال الطاقـة

(انخفاض براءات الاختراع المسجلة) (Margolis and Kammen 1999). إلى ذلك، كرَّست معظم الدول الغربية أغلبية تمويلها لمشاريع البحث والتطوير والتوعية في مجال الطاقة في الطاقة النووية والوقود الأحفوري خلال العشرين عاماً الماضية، وجرى تخصيص جزء يسير لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

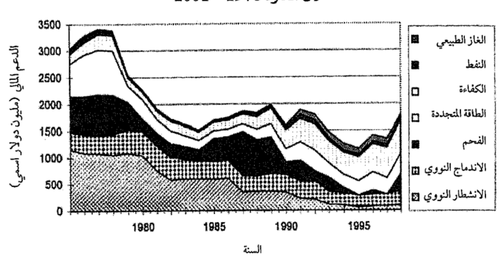
طالب عديد من الدراسات بزيادة الدعم للبحث والتطوير والتوعية في مجال تقنيات الطاقة النظيفة، فقد أوصت لجنة مستشاري الرئيس كلنتون للعلوم والتقانة بمضاعفة التمويل الحكومي للبحث والتطوير والتوعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة، وقدَّرت أن العائد الناتج عن ذلك سيصل إلى نسبة 40 : 1 على المستوى القومي (PCAST 1997). وأوصت اللجنة نفسها بزيادة الدعم للبحث والتطوير والتوعية في مجال الطاقة المتجددة بنسبة 240٪، لما لذلك من منعكسات إيجابية كبيرة.

لقد تغيرت أولويات البحث والتطوير والتوعية في مجال الطاقة، بسبب تراجع الاهتمام بالطاقة النووية، والمخاوف المتزايدة من ارتفاع درجة حرارة الأرض، وعوامل أخرى. وشهد الإنفاق الحكومي على البحث والتطوير والتوعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة ومصادر الطاقة المتجددة ارتفاعاً أواخر تسعينيات القرن الماضي، في الولايات المتحدة الأمريكية واليابان وألمانيا وبلدان أخرى (Dooley and Runci 1999, IEA 2000f). فقد زادت اليابان، من جهتها، تمويلها الحكومي للبحث والتطوير والتوعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وتقنيات الفحم المتقدمة لتصل إلى 400 مليون دولار سنوياً، ابتداءً من عام 1998 (Katsumata 1999). أما في الولايات المتحدة، فقد وصل الدعم المالي للبحث والتطوير والتوعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة عام 2001 إلى ما يناهز مليار دولار. وهذا ما يعادل 56٪ من مجمل الأبحاث التي تدعمها الحكومة في مجال الطاقة، مقارنة بنسبة 16٪ عام 1990 (الشكل 3-2).

الشكل (3-2)

الدعم المالي للبحث والتطوير لتقنيات الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية

خلال الفترة 1978 – 2001



المصدر: DOE 2001.

تعطينا الخبرة المتراكمة من البحث والتطوير والتوعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة وتطوير مصادر الطاقة المتجددة خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية مجموعة من الدروس. أول هذه الدروس أن البحث والتطوير والتوعية يمكن أن تحسن أداء التقنيات المبتكرة وتخفض كلفتها، لكنها غير كافية وحدها لنشر هذه التقنيات على نطاق واسع، إلا إذا ترافق ذلك مع سياسات سحب الطلب، كالحوافز المالية، واحتياطيات السوق، والشراء بالجملة، والقواعد التنظيمية التي ستشكل بلا شك قوة دفع كبيرة للتقنيات الإبداعية ونشرها.

تعزز سياسات سحب الطلب الاستغلال التجاري وتكوين السوق، وتؤدي بدورها إلى تطورات تقنية إضافية ونمو للأسواق وخفض للكلفة. وقد ظهرت هذه الحالة جلية للعيان في الولايات المتحدة الأمريكية وأوربا الغربية واليابان من خلال الخبرة في مجال الأجهزة ذات الكفاءة العالية، وأجهزة الإنارة ومحولاتها ذات الكفاءة العالية، وطاقة الرياح، والأنظمة الكهرضوئية (Geller, and McGaraghan 1998, NAS 2001a, Payne, Duke, and Williams 2001).

ومن الدروس الأخرى أن التعاون بين المؤسسات البحثية والقطاع الخاص يمكن أن يعتبر استراتيجية مثمرة في مجال البحث والتطوير والتوعية. إذ تضم مؤسسات البحث العلمي كوادر على مستوى عالٍ ولديها أفكار جديدة، بينما تتمتع الشركات الخاصة بفهم أكبر لطبيعة السوق واحتياجاته. ومن الطبيعي أنه في حال دخول الشركات الخاصة مجال البحث والتطوير والتوعية، فإن التقنيات الجديدة المبتكرة ستنال حظاً أكبر في النجاح والاستغلال التجاري والتسويق. على سبيل المثال، في الولايات المتحدة الأمريكية أدى التعاون بين مراكز البحوث الوطنية والقطاع الخاص إلى تطوير عدد من التقنيات، كالمحولات الإلكترونية لأنظمة الإنارة، والنوافذ القليلة التسريب، وأنظمة التبريد ذات الكفاءة العالية المستخدمة في مراكز التسوق الكبيرة، ثم استغلالها تجارياً وتبنيها على نطاق واسع (Geller and McGaraghan 1998). لقد ركزت هذه الجهود على مستويين: تطوير تقنيات جديدة، وتحسين التواصل في النظام الإبداعي.

درس آخر أيضاً يمكن أن يستفاد منه، وهو أن التعاون الدولي المتزايد في مجال البحث والتطوير والتوعية يجب أن يدعم مجموعة كبيرة من المفاهيم التقنية من مراحلها الأولى، ابتداءً من التطوير مروراً بالاستغلال التجاري. لقد طُبِّق هذا المبدأ بشكل ناجح في مجال طاقة الرياح في الدنمارك وألمانيا، وتجوهل في مناطق أخرى، ولم يلق النجاح المطلوب في الولايات المتحدة والسويد. ويتضمَّن هذا البرنامج أنظمة لطاقة الرياح بسعات تبلغ بضعة آلاف كيلوواط اختارتها وكالات حكومية وليس القطاع الخاص (Johnson and Jacobsson 2001, Loiter and Norberg-Bohm 1999). وغالباً ما يكتنف الغموض بدرجة كبيرة المراحل الأولى من تطوير هذه التقنيات، لذلك تجب المراهنة على خيارات متعددة للمعالجة والتصميم.

لقد أصبح التعاون التقني الدولي المتزايد في البحث والتطوير والتوعية في مجال تقنيات الطاقة أسلوباً مرغوباً للمشاركة في تحمل التكاليف والمخاطر وتسريع عملية التعليم وفتح الأسواق العالمية بشكل أكبر (PCAST 1999). ومما لا شك فيه أن التعاون

المشترك بين الدول الصناعية والدول النامية في هذا الحقل يكتسب أهمية خاصة بالنسبة لخفض تكاليف التقنيات الجديدة، كخلايا الوقود، وتقنيات تحويل الطاقة الحيوية، والخلايا الكهرضوئية، ولنشر آخر ما توصل إليه العالم في مجال تقنيات الطاقة النظيفة في الدول النامية. من جهة أخرى تتميز الدول النامية بأن الفرص التسويقية فيها واعدة، ولكن لابد من توفير دعم حكومي لكلفة هذه التقنيات بالنسبة إلى الرعيل الأول ممن يتبناها، بالإضافة إلى ضرورة تصميم تقنيات الطاقة النظيفة بما يتلاءم والظروف السائدة في الدول النامية.

التمويل

يساعد التمويل بقروض ميسرة وفوائد منخفضة على انتشار تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وإنشاء أسواق لها. لقد مهّد التمويل الطريق أمام تبني أنظمة الطاقة الكهرضوئية المنزلية المنفصلة عن الشبكة العامة الكهربائية في كثير من الدول مثل الهند، حيث تتوافر قروض ميسّرة على مدى عشر سنوات، وبفائدة منخفضة مقدمة من وكلاء أنظمة الطاقة الكهرضوئية ضمن إطار البرنامج الشامل لتطوير الطاقة المتجددة في الهند (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابع). ونتيجة لهذا الدعم بلغ عدد العائلات التي تستخدم الطاقة الشمسية في أجهزة الإضاءة المتنقلة وأنظمة الإنارة الكهرضوئية 400 ألف عائلة لغاية عام 2000 (Timilsina, Lefevere, and Uddin 2001).

يُموِّل المقاولون العاملون في مجال الطاقة الشمسية الذين لديهم إمكانية الحصول على قروض دورة الأنظمة الكهرضوئية لأكثر من 10000 عائلة ريفية في جمهورية الدومنيكان وهندوراس منذ عام 1999 (Verani, Nielsen, and Covell 1999). وتتبع إحدى الشركات في جمهورية الدومنيكان مبدأ التأجير، حيث تقوم الشركة بتأجير الأنظمة الكهرضوئية الصغيرة للمشتركين مقابل بدل شهري يصل إلى 20 دولاراً، وتحتفظ الشركة بملكية هذه الأنظمة وتلتزم بصيانتها (Martinot et al. 2002). بينما لا يقدم المشترك أي ضمانات.

في بنجلادش يقوم بنك جرامين شاكتي Grameen Shakti –وهو فرع من البنك الناجح Grameen– بتسويق وإمداد وتمويل الأنظمة الكهرضوئية للعائلات الريفية. ويركز هذا البرنامج على النساء، ويقدم قروضاً لسنتين أو ثلاث سنوات (Hussain 2001). تستخدم النساء هذه الأنظمة في نشاطات مختلفة لتحسين أوضاعهن المعيشية. وبالإضافة إلى ما يقوم به بنك شاكتي من نشاطات في مجال بيع الأنظمة الكهرضوئية، فإنه يقدم أيضاً خدمات أخرى كتدريب المشترين على صيانة هذه الأنظمة.

يدعم برنامج القروض الدوارة والصغيرة المقاولين في قطاع الطاقة الشمسية، واستخدام أنظمة الطاقة الشمسية في المنازل في عدد من الدول، كالصين وإندونيسيا والمكسيك وسريلانكا وفيتنام. لكن هذا البرنامج شهد تباطؤاً في بعض الدول بسبب مجموعة من المعوقات، منها الكلفة المرتفعة، والأداء السيئ لأنظمة الطاقة الشمسية، وعدم وجود البنية التسويقية التحتية المناسبة، والكلف العملياتية العالية (Martinot 2001, Miller and Hope 2000). تدلنا هذه التجربة على أن برامج القروض الصغيرة يجب أن تدرس بعناية لتدعم الجودة العالية، سواء للمنتجات أو لقطاع أعمال الطاقة المتجددة، ويجب أن تخفض برامج التمويل هذه من الكلف العملياتية (من خلال الاستفادة من الهيئات المالية المتاحة مثل البرنامج الريفي التعاوني للتسليف).

يؤدي التمويل دوراً أساسياً في نشر تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى، إضافةً إلى الأنظمة الكهرضوئية. ففي المناطق الداخلية من منغوليا استُخدمت أنظمة طاقة الرياح الصغيرة المنزلية، حيث بلغ عددها حوالي 140000 بسعات تراوح بين 100 و300 واط من خلال القروض الميسرة بفوائد منخفضة والدعم الحكومي للأسعار، بغية تطوير الإنتاج المحلي، وزيادة المبيعات، وتحسين خدمات الصيانة (Martinote et al. 2002).

لقد أسس عديد من الدول برامج لتمويل مشاريع تحسين كفاءة الطاقة، ففي تايلاند أُسس صندوق لهذا الغرض تراوح عائداته بين 40 و50 مليون دولار سنوياً تُموَّل من ضرائب صغيرة فُرضت على مبيعات المشتقات النفطية. لكن الطلب على هذا التمويل كان

محدوداً نسبياً خلال الفترة 1996–2001، وذلك بسبب ضعف التسويق، وتعقيد الإجراءات البيروقراطية والأزمة الاقتصادية الطاحنة في تايلاند. ولمواجهة هذه التحديات اتخذت مجموعة من التدابير عامي 2001–2002 تركزت على تقديم برامج تمويل شملت منَحاً لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة، وتبسيط إجراءات الحصول عليها، وتطوير التسويق، والاستفادة من المصارف التجارية، إضافة إلى حوافز مالية مشجعة (Vongsoasup et al. 2002).

تقدم شركات خدمات الطاقة (ESCOs) في أمريكا الشمالية خدمة متكاملة لقطاع الأعمال والمؤسسات العامة غير القادرة، أو غير الراغبة في تنفيذ مشاريع تحسين كفاءة الطاقة الفعالة على نفقتها. وتشمل هذه الخدمات: التمويل والتقانة والتركيب وضمانات حسن الأداء. ومن خلال متابعة أكثر من 1400 مشروع نفذتها شركات خدمات الطاقة خلال العشرين عاماً المنصرمة تبين أن ثلاثة أرباع هذه المشاريع كانت في مدارس ومشافٍ وأبنية حكومية، حيث لا يتوافر لهذه المشاريع التمويل والخبرة اللازمة لتنفيذها على حسابها، وراوحت الكلفة النموذجية لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة بين خمسمئة ألف دولار ومليونَي دولار، بينما راوحت الوفورات النموذجية المحققة بين 25٪ و45٪. وبلغ حجم سوق شركات خدمات الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية عام 2000 ما يقارب مليارَي دولار، وهو يزداد بمقدار 15٪ سنوياً (Osborn et al 2002).

تتميز صناعة خدمات الطاقة في كوريا الجنوبية بالنشاط، حيث بلغ عدد شركات خدمات الطاقة حوالي 55 شركة عام 1999، وبلغت قيمة مشاريع تحسين كفاءة الطاقة حوالي 60 مليون دولار سنوياً، كما هو واضح في الجدول (3–1). وكُرِّس معظم هذا التمويل في مجال أنظمة الإنارة وتوليد الطاقة باستخدام نظام الدارة المركبة وأنظمة استرجاع الحرارة ومشاريع التحديث الصناعية (Bang 2000). وجرى تطوير قطاع صناعة خدمات الطاقة من خلال إنشاء صندوق خاص للتمويل من قبل مؤسسة إدارة الطاقة الكورية، وتساهم الحكومة الكورية بتمويل هذا الصندوق. وتقوم هذه المؤسسة بتأمين التمويل اللازم من خلال المصارف التجارية، بمعدل فائدة منخفض يبلغ نحو 5٪

سنوياً، لفترة سداد 8 سنوات. وتؤدي المؤسسة دوراً أساسياً في مراجعة وقبول العروض المقترحة لتحسين كفاءة الطاقة (AID 1996).

تعتبر البرازيل إحدى الدول النامية القليلة التي تعمل فيها شركات خدمات الطاقة، حيث إن هذه الصناعة مازالت في خطواتها الأولى في الدول النامية والمتحولة (Sathaye and Ravindranath 1998). وفي هذا الإطار فإن البنك الأوربي لإعادة الإعمار والتنمية (EBRD) يقدم التمويل على شكل قروض ومساهمات للمساعدة في تطوير شبكة خاصة من شركات خدمات الطاقة في بعض دول أوربا الشرقية (Meyers 1998). وكذلك فإن البنك الدولي والمؤسسة البيئية العالمية Global Environmental Facility يمولان مشاريع تأسيس شركات خدمات الطاقة ودعمها في الصين والمجر (Martinote and McDoom 2000).

الجدول (3-1)

تطور شركات خدمات الطاقة في كوريا الجنوبية

السنة	عدد شركات خدمات الطاقة	التمويل (مليون دولار)
1993	4	1
1994	6	6
1995	7	5
1996	7	7
1997	16	6
1998	29	28
1999	55	59

المصدر: Bang 2000.

الحوافز المالية

تؤدي الحوافز المالية دوراً لا يستهان به في فرض تقنيات الطاقة النظيفة في السوق، حيث تشجع طلائع المستخدمين، وتساعد في نشرها على نطاق واسع. ويمكن استعراض عديد من الأمثلة لبرامج الحوافز هذه لتحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، وسيكون تناول بعضها هنا، بينما يغطى الجزء الآخر في الحالات الدراسية الواردة في الفصل الرابع، وتجرى مناقشة برنامج وقود الإيثانول في البرازيل، وبرنامج طاقة الرياح في الدنمارك، والبرنامج الوطني للطاقة المتجددة في الهند، وجهود تحسين كفاءة الطاقة في كاليفورنيا في الولايات المتحدة.

يقدم عديد من مؤسسات الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة الأمريكية الحوافز المالية للأسر والشركات التي تشتري أجهزة ذات كفاءة عالية، كأجهزة الإنارة والمحركات وما شابه ذلك. وتكلف وحدة الطاقة التي يتم توفيرها أقل بكثير من كلفة الطاقة التي يكون توليدها من محطات الطاقة الكهربائية الحديثة، وهذا يعني أن كلفة توفير الطاقة أقل من الإمداد بها بالنسبة إلى شركات الطاقة الكهربائية والمستهلكين على حد سواء. وتتضمن البرامج الأكثر نجاحاً حوافز مالية مشجعة إضافة إلى برامج تسويق مكثفة تمكنت بشكل تراكمي من تحقيق معدل اختراق للسوق وصل إلى أكثر من 50٪ (Nadel and Geller 1996). إضافة إلى ما سبق، عمدت بعض شركات الطاقة الأمريكية إلى تقديم الحوافز المالية للتشجيع والتطوير والاستغلال التجاري للتقنيات المبتكرة، كالأجهزة الفائقة الأداء (برادات وغسالات ملابس وأجهزة إنارة حديثة وأجهزة تكييف ذات أداء عال وصديقة للبيئة) (Lee and Conger 1996, Vine 2000).

تقاوم بعض شركات الطاقة ترشيد الطاقة من قبل المستهلك، لأن ذلك يخفض من مبيعاتها، وبالتالي من أرباحها على المدى القصير. ولمواجهة ذلك عمد المشرعون إلى تبني متطلبات برنامج تحسين كفاءة الطاقة، وفي بعض الحالات اللجوء إلى الحوافز المالية للتغلب على هذه العقبة. تُمنح هذه الحوافز المالية لشركات الطاقة بشكل يتناسب والطاقة

التي جرى توفيرها، وعلى فعالية كلفة برامج تحسين كفاءتها. والجدير بالذكر أنه سمح لمؤسسات الطاقة في عدد من الولايات (مثل كاليفورنيا وماساشوسيتس ونيويورك) الاحتفاظ بما يعادل 8–27٪ من "المكاسب الاقتصادية الصافية" الناتجة عن برامج تحسين كفاءة الطاقة في منتصف تسعينيات القرن الماضي (Stoft, Eto, and Kito 1995).

تعتبر "الامتيازات الضريبية" tax credit من الأساليب الأخرى التي تستخدم لتشجيع تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في كثير من الدول. وقد قُدّمت للقطاع السكني وقطاع الأعمال من أواخر السبعينيات وبداية الثمانينيات في الولايات المتحدة. وقد تبين من الدراسات التي جرت على الامتيازات الضريبية أن معظم المشاركين في هذا البرنامج سيقومون بتنفيذ إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، حتى في ظل غياب هذه الحوافز، نظراً لضآلتها وتنفيذهم للإجراءات الشائعة في مجال تحسين كفاءة الطاقة (Geller 1999).

لقد أدت هذه التجربة جزئياً إلى ولادة نظام جديد للامتيازات الضريبية في الولايات المتحدة الأمريكية يركز على التقنيات المبتكرة، كالسيارات الهجينة أو تلك العاملة بخلايا الوقود، والأنظمة الكهرضوئية، والطاقة الحيوية، والأجهزة ذات الكفاءة العالية، وأنظمة التوليد العاملة على خلايا الوقود وفق الدارة المركبة (Quinlan, Geller, and Nadel 2001).

لا يمكن للحوافز المقدمة من أجل تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة أن تعطي ثمارها ما لم تكن ضمن إطار استراتيجية شاملة لتغير هيكلي في السوق. فعلى سبيل المثال، قدّمت شركات إمداد الطاقة في بريطانيا حوافز شملت التوزيع المجاني لأجهزة إنارة الفلوريسنت المدمجة ذات الكفاءة العالية ولسنين طويلة.[1] لكن الواقع يبين أن نصف عدد الأجهزة المركبة في المنازل من هذا النوع، والبالغ عددها 17 مليون جهاز تقريباً، جرى الحصول عليها من عام 1998 من خلال الحوافز، أو من خلال برامج التوزيع المجانية، ومعظم هذا التوزيع من خارج أسواق بيع التجزئة. وكنتيجة لذلك مايزال توافر أجهزة

إنارة الفلوريسنت المدمجة ذات الكفاءة العالية محدوداً في محلات بيع التجزئة في بريطانيا. ومن جهة أخرى فإن وعي المستهلك لميزات هذا النوع من الأجهزة بقي في الحدود الدنيا (Fawcett 2001).

هناك كثير من الأمثلة التي يتجلى فيها بوضوح دور الحوافز المالية ضمن إطار الجهود الرامية لإجراء تغير هيكلي في السوق. فقد أدت الحوافز المالية والحملات الدعائية في الولايات المتحدة الأمريكية والتنسيق مع البائعين دوراً كبيراً في توفير أجهزة إنارة الفلوريسنت المدمجة ذات الكفاءة العالية على نطاق واسع، وجعل المستهلك أكثر تقبلاً لها في مناطق شمال غرب المحيط الهادي عام 2001 (NEEA 2002).

أما في المكسيك فقد استُخدمت الحوافز المالية والحملات الدعائية وعمليات الشراء بالجملة لتقديم أجهزة إنارة الفلوريسنت المدمجة ذات الكفاءة العالية إلى قطاع الإسكان في مدينتين (Friedmann 1998). وجرى أيضاً استخدام نفس السياسات لتأسيس سوق بيع بالتجزئة في بولونيا. وفي هذه الحالات تقدَّم الحوافز للمصنعين لتخفيض سعر الجملة ولزيادة فاعلية الموارد المحدودة المتاحة (Granda 1997). في كلا المثالين السابقين في المكسيك وبولونيا استُخدمت الحوافز والحملات الدعائية لفترة زمنية محددة لرفع مستوى الوعي، وإثبات الجدوى التجارية، وتوفير المنتجات بسهولة في الأسواق، والمساعدة في خفض الكلفة (IEA 2001g, Martinote and Borg 1998).

في هولندا دعمت الحكومة تركيب أنظمة توليد الطاقة ذات السعات الصغيرة، العاملة على الدارة المركبة باستخدام الغاز الطبيعي، وقدمت عوائد مجزية كثمن للكهرباء الفائضة المحولة إلى الشبكة الكهربائية، وشُجعت مؤسسات الطاقة على الاستثمار في هذا المجال. وكنتيجة لذلك بلغ مجموع سعات المحطات الصغيرة من هذا النوع المركَّبة خلال المدة 1988– 1997 أكثر من 1500 ميجاواط. من جهة أخرى خفضت هذه الأنظمة من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون على المستوى الوطني بحوالي 3٪ (Strachan and Dowlatabadi 2002).

ماتزال كلفة تقنيات الطاقة المتجددة -باستثناء الطاقة الكهرمائية- غير تنافسية أمام تقنيات الطاقة الأحفورية، وذلك لإمداد الشبكة العامة بالطاقة الكهربائية، برغم أن كلفة الطاقة الكهربائية المولدة من المصادر المتجددة تنخفض بسرعة. لكن حتى إذا موِّلت بشروط ميسرة فإن كلفتها ستظل مرتفعة بالنسبة إلى كثير من العائلات الفقيرة في المناطق الريفية من الدول النامية التي لم تصلها الشبكة الكهربائية، لكن من الممكن أن يكون خيار الطاقة المتجددة هو الأقل كلفةً حين مقارنة مصادر الطاقة المختلفة فيما لو أُخذت كافة الكلف البيئية والاجتماعية بالحسبان.

لذلك فإن هذه الحوافز مبررة لجعل تقنيات الطاقة المتجددة ذات كلفة مقبولة وتأسيس وبناء سوق لها، ولجعل التقنيات في متناول الجميع. ومن أجل تحقيق هذه الأهداف يجب التحضير الجيد للحوافز، والتخطيط لها بشكل مسبق، وربطها بالأداء، على أن تخفض تدريجياً مع تطور تقنيات كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، حتى تبلغ مرحلة النضج وتصبح منافسة.

تقدم معظم الدول الصناعية وبعض الدول النامية الحوافز المالية لتقنيات الطاقة المتجددة من خلال الامتيازات الضريبية، وقروض بفوائد منخفضة، وشراء الطاقة المولدة من هذه التقنيات بأسعار أعلى من أسعار الجملة الطبيعية، أو من خلال مجموعة من الحوافز السابقة (Goldstein, Mortensen, and Trickett 1999).

لقد شكلت تشريعات وصل الطاقة المتجددة إلى الشبكة (التي تتضمن قيام مؤسسات الطاقة بتقديم مبالغ ثابتة مجزية لقاء ثمن الطاقة المولدة من مصادر متجددة والمعادة إلى الشبكة الكهربائية) حافزاً كبيراً لتطوير تقنيات الطاقة المتجددة في عدد من دول أوربا، كالدنمارك وألمانيا وإسبانيا. ويمكن لهذا النوع من السياسات أن يجعل مصادر الطاقة المتجددة تتمتع بالجدوى المالية، ويؤمّن بنفس الوقت الطمأنينة لمؤسسي هذه المشاريع.

في ألمانيا، وبموجب قانون التغذية بالطاقة، يتم حساب سعر وحدة الطاقة المولدة من مصادر متجددة بما يعادل 90٪ من متوسط سعر مبيع الطاقة للمستهلك، وذلك يعادل 10 سنتات لكل كيلوواط ساعي لمشغلي أنظمة الطاقة المتجددة. وعلى نفس الخطى تقوم البنوك الوطنية بتقديم قروض ميسرة من أجل الاستثمار في مجال الطاقة المتجددة، حيث تقدم بعض المقاطعات حوافز إضافية على شكل أنواع معينة من دعم الأسعار (Moore and Ihle 1999).

لقد أدت هذه الحوافز إلى نمو كبير في قطاع توليد الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة، وبخاصة طاقة الرياح. نتيجة لذلك، ارتفع إنتاج الطاقة المولدة من الرياح بين عامي 1993 و1999 بما يعادل 700٪، وتعتبر ألمانيا رائدة على مستوى العالم في هذا المجال، حيث بلغت السعة الإجمالية لمحطات طاقة الرياح 6000 ميجاواط بنهاية عام 2000 (Pollard 2001).

تبنت إسبانيا من بداية تسعينيات القرن الماضي قانوناً للتغذية بالطاقة الكهربائية، ساهم بدوره في جعل طاقة الرياح ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى تتمتع بالجدوى المالية. وبموجب هذا القانون مُنح منتجو الطاقة من مصادر متجددة إما سعراً ثابتاً وإما قيمة معينة تضاف إلى متوسط السعر السائد في السوق (الجدول 3-2). وبفضل هذه السياسة ارتفع حجم السعة الإجمالية من 50 ميجاواط عام 1993 إلى 2700 ميجاواط عام 2000، وهو ما جعل إسبانيا تتبوأ المركز الثاني أو الثالث على المستوى العالمي فيما يتعلق بتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح (Aranda and Cruz 2000, Gipe 2000). وتهدف إسبانيا من ذلك إلى زيادة نسبة الطاقة التي تولدها من مصادر متجددة من حوالي 6٪ عام 2001 لتصل إلى نسبة 12٪ من حاجتها الإجمالية من الطاقة عام 2010 (IEA 2001e).

تعرضت قوانين التغذية بالطاقة في أوربا للهجوم من دعاة حرية الأسواق وفتح المنافسة أمام جميع مصادر الطاقة بمختلف أنواعها. ونصت المسودات المبدئية للسياسات

الخاصة بالطاقة المتجددة في دول الاتحاد الأوربي على تحديد سقوف كمية وتاريخ محدد للتوقف التدريجي عن العمل بقانون التغذية بالطاقة، وبالتالي ضعفت آمال أوربا في مضاعفة إمدادات الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام 2010 (Volpi 2000). وتتجاهل هذه القيود المشكلات البيئية التي تسببها سياسة دعم الأسعار المقدمة لقطاع الطاقة الأحفورية والنووية، ولا تعير اهتماماً لأهمية الدعم الكبير المطلوب والحوافز الملائمة لدفع تقنيات الطاقة المتجددة نحو الأمام.

الجدول (3-2)

أسعار الطاقة المتجددة المعمول بها في إسبانيا (اعتباراً من عام 2000)(أ)

مصادر الطاقة المتجددة	السعر الإضافي (يورو/ كيلوواط ساعي)	السعر الثابت (يورو/ كيلوواط ساعي)
طاقة الرياح	0.0288	0.0626
الطاقة الشمسية < 5 kW	0.3606	0.397
الطاقة الشمسية > 5 kW	0.1803	0.216
الاستطاعات الكهرمائية الصغيرة	0.0288	0.0626
الطاقة الحرارية لجوف الأرض	0.0299	0.0636
الطاقة الحيوية الأساسية(ب)	0.0277	0.0615
الطاقة الحيوية الثانوية(ب)	0.0256	0.0594

ملاحظات:

(أ) يتوافر أمام منتجي تقنيات الطاقة المتجددة خياران: سعر متغير يرتكز على السعر الوسطي للطاقة السائد في السوق مضافاً إليه حافز إضافي، وخيار ثان يتضمن سعراً ثابتاً.

(ب) تشمل الطاقة الحيوية الأساسية: المحاصيل الزراعية المخصصة لهذا الغرض، أما الثانوية فهي بقايا الزراعة والغابات.

KW = كيلوواط، KWh = كيلوواط ساعي

المصدر: Aranda and Cruz 2000.

وثمة عديد من الدول عارضت وبقوة هذه القيود، وأدى ذلك إلى تعديل في السياسة سُمح بموجبه باستمرار الدعم الوطني للأسعار وعودة برامج الحوافز. وأدى أيضاً إلى توجيه الدول نحو وضع أهداف تتوافق والأهداف العامة للاتحاد الأوربي فيما يخص الطاقة المتجددة، ومنحها فرصاً عادلة للربط بالشبكة الكهربائية (European

Commission 2000). وأصدرت محكمة العدل الأوربية بداية عام 2001 قراراً سمحت بموجبه للدول الأوربية على المستوى الفردي بتقديم الحوافز المالية ودعم الأسعار لمصادر الطاقة المتجددة.

في الولايات المتحدة الأمريكية، بدأت كاليفورنيا منذ أواخر تسعينيات القرن الماضي بتقديم الحوافز على شكل دفعات مالية تستند إلى الإنتاج لمشاريع الطاقة المتجددة الحديثة. ويتم تحديد هذه الدفعات من خلال أسلوب المزايدة على الإمدادات، حيث يقوم أصحاب المشاريع بتقديم عروضهم للحصول على الحوافز من مجمع ثابت لها. بلغ عدد مشاريع الطاقة المتجددة التي هي قيد الإنشاء حوالي 52 مشروعاً بسعة إجمالية قدرها 500 ميجاواط. ووصل متوسط معدل الحافز حوالي 21 سنتاً لكل كيلوواط ساعي تسدد على مدى خمس سنوات، وهي أقل بكثير من التوقعات (Moore 2000). ومن جهة أخرى تعتبر هذه السعة من أكبر الزيادات التي تمت في مجال الطاقة المتجددة في كاليفورنيا خلال عقد كامل. وتقدم كاليفورنيا أيضاً حوافز لمستهلكي الطاقة الذين يختارون الطاقة المتجددة مصدراً لإمدادهم بالطاقة، حيث بلغت هذه الحوافز 1.5 سنت لكل كيلوواط ساعي عام 1999، ثم مالبث أن خُفِّضت لاحقاً بسبب أن الطلب تجاوز التوقعات (Moore 2000).

أما في اليابان، فقد قدمت الحكومة الاتحادية دعماً كبيراً لأسعار الأنظمة الكهرضوئية التي تركب على أسطح البنايات، وارتفعت الميزانية المرصودة لهذا الغرض بشكل متواصل منذ تسعينيات القرن الماضي، ووصلت إلى ما يقارب 18 مليار ين (150 مليون دولار) عام 2000، كما هو واضح في الجدول (3-3). وتم إلزام شركات الطاقة بدفع مبلغ يراوح بين 15 و19 سنتاً لكل كيلوواط وارد إلى الشبكة من الأنظمة الكهرضوئية و10 سنتات لكل كيلوواط وارد للشبكة من محطات توليد طاقة الرياح (Shoda 1999).

وبهذه السياسات تعتبر اليابان في مقدمة دول العالم في هذا المجال، حيث لديها أكثر من 50000 منزل مرتبط بالشبكة، وتستمد حاجتها من الطاقة من الأنظمة الكهرضوئية،

حيث تصل السعة الإجمالية إلى ما يقارب 350 ميجاواط عام 2001 (Rever 2001, Sawin 2002).

الجدول (3-3)

برنامج الحوافز الياباني للأنظمة الكهرضوئية في القطاع السكني

السنة	1994	1995	1996	1997	1998	1999[أ]	2000[أ]
عدد المنازل	540	1100	2000	5700	6400	17400	25700
السعة الإجمالية (ميجاواط)	2	4	8	20	24	64	96
الحد الأعلى للحافز (ين/واط)	900	850	500	340	340	329	150-270[ب]
الموازنة المرصودة (مليار ين)	2	3.3	4.1	11.1	14.7	16	17.8

ملاحظات:

(أ) تعتمد هذه القيم على عدد التطبيقات بين أعوام 1999 و2000.

(ب) بلغت قيمة الحافز 270 ين/ واط بداية عام 2000 ثم خفض إلى 180 ين/ واط ومن ثم إلى 150 ين/ واط خلال السنة نفسها.

المصدر: New Energy Plaza 2001.

لقد ساهم بناء سوق الأنظمة الكهرضوئية المنزلية على هذا النحو في خفض كلفتها في اليابان من 30 دولاراً لكل واط في بداية البرنامج إلى ثمانية دولارات عام 1998 (IEA 2000e). وهذا ما سمح للحكومة اليابانية بتخفيض دعمها من 900 ين/ واط عام 1994 إلى 150 ين/ واط نهاية عام 2000 (New Energy Plaza 2001). وبالتالي، نجحت اليابان في سياستها في مجال تحفيز الطلب لتخفيض كلف تقنيات الطاقة المتجددة الحديثة العهد.

تبنت اليابان عام 1997 برنامجاً طموحاً لتركيب أنظمة كهرضوئية بسعة 400 ميجاواط عام 2000، على أن تصل إلى 4600 ميجاواط بحلول عام 2010، متضمنةً ما يتم

تركيبه من خارج برنامج الحوافز الياباني للأنظمة الكهرضوئية في القطاع السكني (Oliver and Jackson 1999). وهذا ما مهَّد الطريق أمام الشركات اليابانية العاملة في هذا المجال مثل كيوسيرا وشارب وسانيو لزيادة طاقتها الإنتاجية لمواكبة الطلب المتزايد، وبالتالي مكَّن هذه الشركات من أن تتبوأ مركزاً متقدماً على مستوى العالم في مجال إنتاج الأنظمة الكهرضوئية (Maycock 2001).

وأطلقت ألمانيا عام 1999 برنامجاً لتركيب 100000 محطة كهرضوئية متصلة بالشبكة العامة خلال ست سنوات. ويشمل هذا البرنامج تقديم قروض ميسرة بفوائد منخفضة لمدة عشر سنوات، وأسعار تشجيعية لشراء الطاقة من هذه الأنظمة لدعم انطلاق هذا المشروع (Moore and Ihle 1999). ثم قامت ألمانيا أيضاً بمراجعة لسياستها في مجال الدعم المالي ضمن إطار قانون التغذية بالطاقة للوصول إلى تحقيق نسبة قدرها 10٪ من الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام 2010. وتتضمن السياسة الجديدة تقديم دعم مادي مختلف باختلاف مصادر الطاقة المتجددة، وإتاحة الفرصة لشركات الطاقة، إضافة إلى المنتجين المستقلين لتلقي هذا الدعم المالي.

يتلقى مالكو الأنظمة الكهرضوئية سعراً تشجيعياً قدره 0.99 مارك ألماني لكل كيلوواط ساعي؛ أي ما يعادل 0.45 دولار للكهرباء الواصلة للشبكة. في ضوء هذه الحوافز ازداد انتشار الأنظمة الكهرضوئية المدمجة ضمن البيوت السكنية لتصل إلى أكثر من 30000 نظام مركب أو قيد التركيب عام 2001. وقفزت السعة الإجمالية في ألمانيا من أقل من 20 ميجاواط عام 1995 إلى 115 ميجاواط عام 2000 (Weiss and Sprau 2002).

لقد أدى نجاح البرنامجين الياباني والألماني في برامج الأنظمة الكهرضوئية التي تركب على أسطح الأبنية إلى نمو سريع في الأنظمة الكهرضوئية المتصلة بالشبكة، حيث شكلت هذه الأنظمة ما يعادل 40٪ من مجمل تركيبات الأنظمة الكهرضوئية عام 2000، بعد أن

كانت 3٪ فقط عام 1993 (Maycock 2001). وبلغ حجم سوق الأنظمة الكهرضوئية المرتبطة بالشبكة في اليابان 15 ضعف نظيره في الولايات المتحدة الأمريكية عام 2000 (Maycock 2001).

أُسِّست المؤسسة البيئية العالمية لمساعدة الدول النامية في تحمل النفقات الإضافية الناتجة عن تبنيها للتقنيات النظيفة بيئياً، وبلغت قيمة المِنَح التي وافقت عليها المؤسسة المذكورة ما يعادل 706 ملايين دولار، شملت 72 مشروعاً في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، وتوزعت في 45 بلداً، وذلك في الفترة 1991–1999، وإن كان بعض هذه المشاريع قد تعثر (Martinote and McDoom 2000).

وبينما يتصاعد الدعم الذي تلقاه مشاريع الطاقة المتجددة من قبل البنك الدولي والمؤسسة البيئية العالمية، فقد بلغ عدد البيوت التي جهزت بأنظمة كهرضوئية حوالي 8000 فقط، وبلغت السعات الممولة والموصولة بالشبكة من مصادر الطاقة المتجددة أقل من 100 ميجاواط عام 1999 (Martinot 2001). إن تأسيس أسواق نشطة لتقنيات الطاقة المتجددة أثبت أنه ينطوي على تحديات كثيرة في أغلب الدول النامية.

لقد تضررت أسواق الطاقة المتجددة في بعض البلدان النامية كثيراً بسبب سياسات الجهات المانحة أو السياسات المحلية، وخاصة المتعلقة بدعم الأسعار الكبير. وفي بعض الحالات أُلزمت الدول النامية بشراء تجهيزات بأسعار مدعومة من البلدان المانحة، وهو ما يعوق القدرات التصنيعية المحلية. وكما هي الحال في الصين تؤدي هذه القيود إلى تأخير تصنيع تربينات الرياح على نطاق واسع (Lew and Logan 2001).

إن الدعم الكبير للأسعار، إضافة إلى البرامج الموجهة من الجهات المانحة، تجعل المستهلك يتوقع أسعاراً منخفضة كثيراً، وحتى مجانية، الأمر الذي بدوره يقوض إنشاء أسواق تجارية، كما هي الحال في زيمبابوي حيث دخل عدد كبير من الشركات المحلية ميدان الأنظمة الكهرضوئية نتيجة الدعم الكبير للأسعار من خلال برامج الجهات

المانحة، وحينها انتهت البرامج انهارت هذه الشركات، ولم تعد خدمات الصيانة متوافرة للعائلات التي لديها مثل هذه الأنظمة (Martinot et al. 2001). والنتيجة أن هذه البرامج قد أصبحت حجر عثرة بدلاً من أن تكون عنصراً إيجابياً في إنشاء سوق منظمة ومستدامة للأنظمة الكهرضوئية في زيمبابوي.

من جهة أخرى، أثبتت الهند أن الحوافز المعدة بعناية مع التمويل المجزي ودعم وتطوير تقنيات الطاقة المتجددة، إضافة إلى الالتزام الحكومي على المدى الطويل هي الطريق الصحيح نحو تأسيس أسواق صحية لتقنيات الطاقة المتجددة في الدول النامية. (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابع).

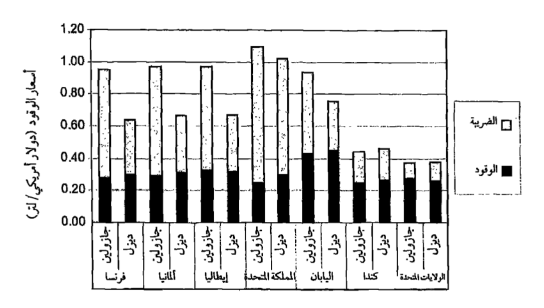
التسعير

لجأت غالبية الدول، وبخاصة التي تعتمد بشكل كبير على النفط المستورد، إلى فرض ضرائب كبيرة على البنزين ووقود الديزل، لما لذلك من انعكاسات كبيرة على الصعيدين الاجتماعي والبيئي، كما هو واضح في الشكل (3-3). وعمد بعض الدول الأوربية إلى زيادة الضريبة المفروضة على البنزين، وهي بالأصل مرتفعة خلال السنوات الأخيرة، حيث زادت ألمانيا الضريبة على البنزين والديزل بشكل كبير خلال الفترة 1990-1999 (IEA 2000c).

أما في بريطانيا فقد زيدت الضريبة على الوقود بنسبة 5٪ سنوياً، مع أخذ معدل التضخم بالاعتبار لسنين عديدة، واستُخدم جزء من هذه الضريبة للتعويض عن التخفيضات الضريبية التي منحت للمركبات الصغيرة ذات الكفاءة العالية. ويعود الفضل جزئياً إلى هذه الضرائب في كون معدل استهلاك الوقود في سيارات الركوب بالنسبة للراكب الواحد في أوربا الغربية يعادل من ثلث إلى نصف نظيره في أمريكا الشمالية (IEA 1997d).

الشكل (3-3)

أسعار وقود الديزل والبنزين متضمنة الضريبة في دول مجلس التعاون والتنمية في آذار/ مارس 2001



المصدر: IEA 2001a.

تُجرى حالياً إصلاحات على السياسة الضريبية حيال الطاقة، وتخضع للمناقشة في عدد من دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، وذلك ضمن إطار الجهود المبذولة لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وتحقيق متطلبات معاهدة كيوتو. ونتيجة لذلك تبنت خمس دول (الدنمارك، فنلندا، هولندا، النرويج، السويد) ضريبة متواضعة على الانبعاثات الكربونية أو على الوقود الأحفوري منذ بداية عام 1990 كجزء من استراتيجية نقل الأعباء الضريبية الحيادية الدخل (Roodman 19981).

وتُعوّض الضريبة المفروضة على الانبعاثات الكربونية أو على الوقود الأحفوري بتخفيض ضريبي في مجالات ضريبية أخرى غير شعبية، مثل الدخل الشخصي، التقاعد، التوظيف. وفي حالات معينة يستخدم جزء من هذه الضريبة في تمويل مشاريع البحث والتطوير والتوعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة ولتمويل برامج الحوافز.

ويقدر أن ضريبة الكربون أو الوقود الأحفوري التي تبنتها أوربا قد خفضت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمقدار 1.5٪ في هولندا، و3-4٪ في النرويج، و4-5٪ في فنلندا، وحوالي 5٪ في الدنمارك (Vehmas et al. 1999).

تمكنت السويد والدنمارك من خلال ضريبة الكربون والطاقة، إضافة إلى الاستثناءات الضريبية على الوقود الحيوي، من زيادة استخدامه في تغذية محطات التدفئة المناطقية بحوالي 70٪ في السويد، وانخفض استخدام الفحم في هذه المحطات بنسبة 50٪ (IEA 2000e). وأصبح الوقود الحيوي هو السائد في مجال التدفئة المناطقية في السويد، إضافة إلى أنها تستمد 19٪ من حاجتها من الكهرباء من الوقود الحيوي، وهو ما يعادل 91 تيراواط ساعي (Jacobsson and Johnson 2000).

تبنت بريطانيا سياسة مبتكرة لنقل الأعباء الضريبية عام 2000، وبدأ العمل بها عام 2001 حيث يقوم قطاع الأعمال بدفع ضريبة إضافية تسمى ضريبة التغيرات المناخية المضافة على الوقود الأحفوري والكهرباء، ولا تشمل المصادر الحديثة للطاقات المتجددة وأنظمة الدارة المركبة لتوليد الطاقة والحرارة بكفاءة عالية. ترافقت هذه الضريبة مع تخفيضات ضريبية على التأمين الصحي، ما جعل الهيكل العام للضريبة حيادياً ومقبولاً بالنسبة لقطاع الأعمال كوحدة كاملة. وتتلقى جميع الشركات البريطانية التي تعتمد اعتماداً كبيراً على الطاقة حوافز مالية تشجيعية تعادل 80٪ من ضريبة الطاقة الجديدة، إذا ما حققت المتطلبات الصارمة لتحسين كفاءة الطاقة، أو التزمت بمعايير تخفيض الانبعاثات الكربونية (IEA 2001b).

يمكن لضريبة الكربون إذا كانت كبيرة بالشكل الكافي أن تؤدي إلى زيادة كفاءة الطاقة، وتشجع على زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة النظيفة، وبالتالي تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. وقد أظهرت دراسة أجريت في اليابان أن فرض ضريبة مقدارها 80 دولاراً لكل طن كربون يمكن أن تؤدي إلى تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون

بمقدار 9٪ عام 2040، وإذا كانت الضريبة 160 دولاراً فإن تخفيض الانبعاثات سيصل إلى حدود 20٪ (Nakata and Lamont 2001).

إن ضريبة الكربون وسيلة فعالة لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وهي أكثر جدوى من ضريبة الطاقة المكافئة، لأنها تؤدي إلى توجيه قطاع توليد الطاقة نحو الغاز الطبيعي والطاقة المتجددة.[2] وبعيداً عن الفحم الحجري، فإن توجيه جزء من ضريبة الكربون أو الطاقة إلى مشاريع تحسين كفاءة الطاقة يمكن أن يؤدي إلى وفورات كبيرة، وتخفيضات للانبعاثات الكربونية أكبر بكثير من تلك الناتجة عن الضريبة نفسها (Geller, DeCicco, and Nadel 1993).

في كثير من الدول النامية فُرضت ضرائب تمايزية لتقليل الاعتماد على النفط المستورد وتحسين مواصفات الهواء في المدن. فتم في البرازيل تخفيف الضرائب المفروضة على الإيثانول والسيارات العاملة عليه، مقارنة بالبنزين والسيارات العاملة عليه. (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابع). وقامت بلدان أخرى بإلغاء أو تخفيض الضرائب على الغاز الطبيعي المضغوط (CNG) لتشجيع السيارات العاملة عليه. وتعتبر الأرجنتين من الدول الرائدة في هذا المجال، حيث ألغت الضريبة المفروضة على الغاز الطبيعي المضغوط، وأنشأت شبكة من محطات التزود بهذا الغاز في منتصف ثمانينيات القرن الماضي، ونتيجة لهذه السياسة أصبح أسطول السيارات العامل على الغاز الطبيعي المضغوط في الأرجنتين يحتل المرتبة الأولى على مستوى العالم، وبعدد يصل إلى 425000 سيارة، وهو يعادل 10٪ من إجمالي السيارات في الأرجنتين (Suarez 1999).

لجأ عديد من الدول النامية والمتحولة إلى إلغاء دعم أسعار الطاقة أو تخفيض هذا الدعم في السنوات الأخيرة (Reid and Goldemberg 1998). على سبيل المثال، خفضت روسيا من دعمها لأسعار الوقود الأحفوري بمقدار الثلثين ما بين عامي 1991-1996. أما في الصين فقد وصل التخفيض إلى حوالي 50٪. بينما في المكسيك زيدت أسعار

البنزين بنسبة 52٪ ووقود الديزل (المازوت) بحوالي 100٪ خلال 1988-1996. ويمكن القول بشكل عام إن دعم أسعار الوقود الأحفوري شهد انخفاضاً يعادل 45٪ في 14 دولة نامية رئيسية بين 1990-1991 و1995-1996 (Sathaye and Ravindranath 1998).

إن تخفيض الدعم لأسعار الطاقة لا يؤدي فقط إلى تحسين كفاءة الطاقة، وإنما إلى تحسين الأداء الاقتصادي. لكن يبقى لهذه الإجراءات تأثيراتها السلبية في العائلات الفقيرة، فعلى سبيل المثال تشكل نفقات الطاقة في أوكرانيا ما يعادل 40٪ من دخل العائلة النموذجية، وتخفيض الدعم سيؤدي بشكل مباشر إلى ارتفاع هذه النفقات ارتفاعاً كبيراً (IEA 2001g). أما في المناطق الريفية في الهند فتشكل تكاليف الطاقة ما يعادل 50٪ من نفقات العائلات الفقيرة إذا وضعنا نفقات الطعام جانباً (Cecelski 1995). ومع تراجع دعم أسعار الطاقة في الدول الأكثر فقراً يبدو من المعقول أن يقدم دعم خاص للعائلات الفقيرة على شكل تخفيض أسعار الطاقة لهذه الشريحة، وتقديم خدمات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة مجاناً أو بكلفة منخفضة.

يعتبر إلزام شركات الطاقة بشراء الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة أو من خلال أنظمة الدارة المركبة، وبسعر يتناسب وما جرى توفيره، شكلاً من أشكال السياسات المتبعة في مجال تسعير الطاقة. فقد تضمن القانون الناظم لسياسات مؤسسات الطاقة العامة (PURPA) في الولايات المتحدة الأمريكية لعام 1978 هذه السياسة، إضافة إلى متطلبات أخرى تقوم بموجبها شركات الطاقة بتأمين الطاقة الاحتياطية والجاهزة للشركات التي تعتمد في توليد الطاقة على أسلوب الدارة المركبة وبتعرفة مناسبة. ونتيجة لهذا الدعم ازدادت سعات أنظمة التوليد ذات الدارة المركبة في الولايات المتحدة الأمريكية من 10000 ميجاواط عام 1980 حتى وصلت إلى 46000 ميجاواط عام 1996 وهي تشكل ما نسبته 9٪ من السعة الإجمالية (Bluestein and Lihn 1999). لكن مع نشوء أسواق الجملة التنافسية في منتصف التسعينيات تراجعت فاعلية القانون الناظم لسياسات مؤسسات الطاقة العامة، وتوقف صعود التوليد باستخدام الدارة المركبة.[3]

من السياسات الأخرى التي يمكن انتهاجها لتشجيع توليد الكهرباء من مصادر متجددة للطاقة، ما يسمى "الاستهلاك الصافي" net metering، وفيه يسمح للمستهلك الذي يولد الطاقة أكثر من حاجته بأن يعيد الفائض إلى الشبكة المركزية، بحيث يقوم بتشغيل عدادات الكهرباء بشكل عكسي، وبالتالي يبيع طاقة لشركة الكهرباء بسعر المستهلك وليس الجملة. في الولايات المتحدة هناك أكثر من ثلاثين ولاية انتهجت هذا المبدأ منذ عام 2001، علماً أن هناك بعض الشروط التي يجب تحقيقها للسماح لمنتجي الطاقة النظيفة ببيع الفائض منها، تعتمد هذه المتطلبات على حجم منشأة الطاقة المتجددة (Clemmer et al. 2001).

لجأ عديد من الدول وبغية تشجيع استخدام الطاقة بفاعلية إلى فرض ضرائب عالية على التجهيزات والنشاطات التي تستهلك الطاقة بشكل كبير، فقد فرضت الدنمارك ضريبة على شراء السيارات الجديدة تعادل 180٪ من سعرها (IEA 2000c). إضافةً إلى ذلك، قامت الدنمارك بمراجعة رسوم تسجيل السيارات لتتناسب واستهلاكها للوقود ووزنها، مع تقديم استثناءات ضريبية كبيرة على السيارات التي تستهلك أقل من أربعة لترات لكل مئة كيلومتر. إن هذه السياسات مع فرض ضرائب كبيرة على الوقود أدت إلى عزوف الناس عن امتلاك سيارة، برغم الثراء الذي تتمتع به الدنمارك، ونتج عنها تأسيس أسطول من وسائط النقل ذات الكفاءة العالية، والدليل على نجاح هذه السياسة أن معدل ارتفاع استهلاك الطاقة في قطاع النقل في الدنمارك بلغ 5٪ فقط في الفترة 1991-1997، بينما بلغ متوسط الارتفاع 12٪ في الاتحاد الأوربي بشكل عام (IEA 2000c).

من الدول الأخرى التي سارت على هذا النهج سنغافورة حيث فرضت ضرائب عالية على امتلاك واستخدام سيارات الركوب الشخصية. لقد أدى تطبيق هذه السياسات مع الاستثمارات الكبيرة التي جرى ضخها في البنية التحتية لقطاع النقل العام، والتنسيق بين استخدام الأرض وتنمية قطاع النقل، إلى تخفيض كبير في استخدام الطاقة في قطاع

النقل، برغم الازدهار الاقتصادي الذي تتمتع به سنغافورة Sperling and Salon (2002).

تستطيع الهيئات المحلية أن تستخدم صلاحياتها الضريبية لتشجيع النمو الحضري الذي يستخدم الطاقة بفاعلية في مختلف القطاعات ومن ضمنها قطاع النقل. فقد فرضت مدينة سان فرانسيسكو رسماً يسمى رسم العبء المروري على إنشاء المكاتب الحديثة، أو في حالات ترميم الأبنية في المناطق القريبة من مركز المدينة، وتساهم الأموال الناتجة في دعم نظام النقل العام في المدينة. أما في مدينة لوس أنجلوس فقد فرض رسم على العمال الذين يستخدمون مواقف لسياراتهم، وتستخدم هذه الأموال في دعم نظام الشراكة في النقل car pooling، سواء في السيارات أو الحافلات الصغيرة، ولدعم النقل العام أيضاً. وتفرض مدن أخرى في كاليفورنيا ضريبة تأثير impact fee على عمليات البناء خارج مركز المدينة، للتخفيف من ظاهرة التوسع العشوائي للمدينة (ICLEI 2000b).

الاتفاقيات الطوعية

يمكن للاتفاقيات الطوعية بين الحكومة والقطاع الخاص أن تشجع تحسين كفاءة الطاقة، سواء في المنتجات المصنعة أو في استخدام الطاقة. لقد نجحت الاتفاقيات الطوعية في تايلاند بين الحكومة ومؤسسات الطاقة ومنتجي أنظمة الإنارة، في التوقف التدريجي عن تصنيع أنظمة إنارة الفلوريسنت ذات الكفاءة المنخفضة بحلول عام 1995. ودعمت الحكومة التوجه نحو الانتقال من مصابيح 40 واط T12 إلى مصابيح 36 واط T8، والتحول بشكل عام نحو الأنظمة ذات الكفاءة العالية، وذلك من خلال حملات توعية وتثقيفية مكثفة. ويتوقع لهذه المبادرة أن تخفض الطلب في فترة الذروة بحوالي 630 ميجاواط اعتباراً من عام 2000 (Birner 2000).

في أوربا كان الانتهاء من اتفاقية طوعية بين المفوضية الأوربية وقطاع صناعة السيارات عام 1998، حيث تعهد صانعو السيارات بتحسين كفاءة الوقود في منتجاتهم،

والوصول إلى مستوى 140 جراماً من غاز ثاني أكسيد الكربون لكل كيلومتر بحلـول عـام 2008. ويعتبر هذا الحد أقل بما يعادل 25٪ من المعدل المتوسط للسيارات الحديثة المبيعة في أوربا عام 1995 (ACEA 1998). وقد كان تبني مثل هذه الاتفاقيات غير الملزمة في ألمانيـا وبشكل طوعي من قبل قطاع صناعة السيارات، لتخفيض استهلاك الوقود وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 25٪ بين عامي 1990 و2005 (IEA 2000c).

وعلى نفس النهج كان تبني اتفاقيـات طوعيـة بـين الحكومـات والمصنعين لتحسين كفاءة الطاقة في مجـالات متعـددة، منهـا تـسخين الميـاه، وغـسالات الملابـس والأطبـاق، والأجهزة الإلكترونية التي تباع في أوربا، وتم التفاوض على هذه الاتفاقيـات ثـم التوقيـع عليها مع المفوضية الأوربية، حيث نتج عنها تخفيض ما يعادل نـسبته 20٪ مـن اسـتهلاك الطاقة لغسالات الملابس والأطباق، وتخفيض آخر بنسبة 25-35٪ مـن اسـتهلاك الطاقـة لأجهزة التلفاز والفيديو (Bertoldi, Waide, and Lebot 2001).

لقد نفذت هولندا بنجاح اتفاقيات طوعية مع قطاع الصناعة لتخفيض كثافـة الطاقـة في الإنتاج (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابـع). وتـم في ألمانيـا أيـضاً تبنـي اتفاقيـات طوعيـة مـع الـصناعات الكبـيرة ومؤسـسات الطاقـة لتحقيـق تخفـيض مقـداره 20٪ في استخدام الطاقة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربـون في الفـترة 1990-2005 (Gummer and Moreland 2000). وبلغ عدد الجهات التي وقعت مثل هـذه الاتفاقيـات الطوعيـة حوالي 19 هيئة في قطاع الصناعة والطاقة، وهذا يمثل حوالي 70٪ من الاستهلاك الإجمـالي للطاقة في الصناعة و99٪ من توليد الطاقة العام. وبالمقابـل فـإن قطـاع الـصناعة في ألمانيـا يأمل مـن الحكومـة ألا تتخـذ إجـراءات صـارمة، سـواء في مجـال القواعـد التنظيميـة أو الضرائب. وتشير عمليات المتابعة إلى أن الصناعات تسير عـلى المـسار الـصحيح لتحقيـق الأهداف اعتباراً من عام 1997 برغم ضرورة تطوير عمليـات التحقـق وتجميـع البيانـات (Gummer and Moreland 2000).

تتميز الاتفاقيات الطوعية بسهولة وسرعة تبنيها مقارنة بالإلزامية، لكن نظراً لأنها غير ملزمة من الناحية القانونية، فإنه من الممكن ألا يتحقق الهدف المنشود، إضافة لذلك لا توجد ضمانة بأن تلتزم الشركة بقوة وتبتعد خارج نطاق الأمور التقليدية. ويبدو أن الاتفاقات الطوعية تصبح أكثر فاعلية عندما تخشى الشركات من أن تواجه سياسات أكثر صرامة، سواء على صعيد الضرائب والقواعد التنظيمية أو في حال فشلها في تأسيس أهداف طوعية قوية والالتزام بها (Newman 1998, Price and Worrell 2000). كذلك تميل الشركات إلى إنشاء وتبني اتفاقيات طوعية خاصة بها إذا كانت تعتقد أن ذلك يحقق لها مصلحة استراتيجية. وتتطلب البرامج الطوعية الناجحة المراقبة والتقويم الكامل إضافة إلى مكافأة الشركات التي حققت نتائج باهرة.

يمكن للاتفاقات الطوعية أن تنظم أيضاً من قبل السلطات الحكومية، ففي ولاية نيوجيرسي في الولايات المتحدة الأمريكية تعهدت السلطات طوعياً بتخفيض الانبعاثات المسببة لظاهرة الدفيئة بما يعادل 20 مليون طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2005 (NJDEP 2000). وكان هذا أقل بنسبة 3.5٪ من انبعاثات عام 1990، وكان من شأنه خفض الانبعاثات التي كانت متوقعة عام 2005 بنسبة 13٪. وخططت نيوجيرسي لتحقيق هذا الهدف من خلال مجموعة من المبادرات في مجالات متعددة، منها تحسين كفاءة الطاقة، والطاقة المتجددة، والنقل، وإعادة تدوير النفايات، وتقنيات استرجاع الغاز من النفايات، بالإضافة إلى تشجيع التخفيضات الطوعية في استهلاك الطاقة في قطاع الأعمال والصناعة في الولاية. وتبنت نيوجيرسي ضريبة إضافية على الطاقة الكهربائية المبيعة في الولاية قدرها 2٪ لتمويل برامج تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (Kushler and Witte 2001).

تعهد عديد من المدن طوعياً بتحسين كفاءة الطاقة وزيادة استخدام الطاقة المتجددة و/ أو تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. فتعهدت مدينة تورنتو في كندا بتخفيض

انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 20٪ بحلول عام 2005، ولتحقيق ذلك أنشأت ما يسمى صندوق القروض الدوارة، أو ما يعرف بصندوق الغلاف الجوي في تورنتو. يمول هذا الصندوق عمليات التحديث للمباني العامة والإنارة في المدينة والتوسع في أنظمة التدفئة والتبريد المناطقية في مركز المدينة، واستخلاص غاز الميثان من موقع نفايات المدينة، ودعم مشاريع الطاقة المتجددة، وتحسين النقل العام والبنية التحتية للنقل من دون محرك (Jessup 2001). وهناك مدن أخرى قامت باتخاذ خطوات مماثلة فوضعت استراتيجية لتخفيض الانبعاثات ضمن إطار حملة حماية المناخ المنظمة من قبل المجلس العالمي لمبادرات البيئة المحلية (ICLEI 2000a).

عام 2001 تبنت مدينة سياتل في ولاية واشنطن هدفاً هو الوصول إلى مستوى صفر للانبعاثات الغازية المسببة لظاهرة الدفيئة بالنسبة لتلك الصادرة عن شركة الطاقة المملوكة من السلطات المحلية، فقامت ببيع أسهمها في منشأة توليد الطاقة العاملة على الفحم، وتخطط لتخفيض أو للتعويض عن الانبعاثات الصادرة عن بقايا مصادر الوقود الأحفوري التي تعادل 600000 طن متري من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً. وتقوم شركة الطاقة بتوسيع برنامج تحسين كفاءة الطاقة وحيازة تقنيات الطاقة المتجددة، وأصدرت أول طلباتها لمشاريع معادلة الانبعاثات الكربونية (Seattle 2001).

القواعد التنظيمية

يمكن تبني قواعد تنظيمية لتحسين كفاءة الطاقة والتغلب على العقبات في وجه تبني الطاقة المتجددة وأنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة. إن الكودات التي تفرض حداً أدنى لكفاءة الأجهزة تؤدي إما إلى استبعاد الأجهزة ذات الكفاءة المنخفضة من الأسواق وإما فرض حد أدنى متوسط لكفاءة الأجهزة الجديدة. وحينما يصبح إنتاج الأجهزة ذات الكفاءة العالية أمراً طبيعياً ويتم إنتاجها على نطاق واسع فإن الكلفة ستنخفض، وبالتالي فإن الأعباء المالية الناتجة عن ترشيد الطاقة ستنخفض أيضاً. إضافةً إلى ذلك فإن الكودات الخاصة بالكفاءة تؤمن أسواقاً مؤكدة للتقنيات المبتكرة.

عمد كثير من البلدان إلى تبني معايير للحدود الدنيا لكفاءة الطاقة للمنتجات المصنعة بالجملة، كالسيارات والتجهيزات المنزلية وأجهزة التدفئة والتكييف والمحركات وأجهزة الإنارة. وفي الولايات المتحدة الأمريكية ولأول مرة جرى اعتماد المعايير القومية لكفاءة الطاقة عام 1987، وشملت التجهيزات المنزلية الأساسية، ثم وسِّعت هذه المعايير لتشمل أجهزة التدفئة والتكييف وأنظمة الإنارة المستخدمة في الأبنية التجارية، إضافة إلى المحركات عامي 1988 و1992. لقد أدى تطبيق هذه المعايير إلى وفورات كبيرة في الطاقة وفي المال أيضاً، وتخفيض كبير في انبعاثات المواد الملوثة (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابع). وجرى في أوربا تطبيق معايير إلزامية أيضاً، لكنها اقتصرت فقط على البرادات والمجمِّدات.

لقد أقرت اليابان معايير إلزامية خلال فترات مختلفة لتحسين كفاءة الطاقة في السيارات والتجهيزات المنزلية (IEA 2000b)، وأدى تطبيق هذه المعايير إلى تحسين كفاءة الطاقة في البرادات بنسبة 20٪ والمكيفات بنسبة 17٪ في بداية الثمانينيات. وتم تحديث هذه المعايير عام 1993 ووضع أهداف جديدة لمجموعة متنوعة من التجهيزات، كالسيارات وأجهزة التكييف وأجهزة الإنارة والتلفاز وبعض التجهيزات المكتبية. وكان تحديث المعايير مرة أخرى عام 1998، ووضع حدود جديدة لكفاءة الطاقة تتناسب والأجهزة ذات الكفاءة العالية المتوافرة في الأسواق في ذلك الوقت (IEA 2001c). ويعرف هذا البرنامج في اليابان بالبرنامج الأول (الجدول 3-4). ويتوقع لهذا البرنامج أن يخفض الانبعاثات الإجمالية لغاز ثاني أكسيد الكربون بحوالي 6٪ بحلول عام 2010.

من بين الدول النامية التي تبنت معايير خاصة لتحسين كفاءة الطاقة كوريا الجنوبية والفلبين والمكسيك. حيث أطلقت كوريا الجنوبية معايير لكفاءة الطاقة ونظام لواصق توصيف أداء الطاقة للأجهزة المنزلية ومصابيح الإنارة عام 1992. ومع مرور الوقت جرى تطوير هذه المعايير وتحديثها، ما أدى إلى تحسن كبير في كفاءة الأجهزة (Egan and

(du pont 1998). وتبنت الفلبين معايير تفرض قيوداً على الحد الأدنى لكفاءة أجهزة التكييف والبرادات، وهي في طور وضع معايير للمحركات (Wiel et al. 1998). أما في المكسيك فقد كان تبني تشريع يتضمن معايير إلزامية لكفاءة الطاقة، تشمل البرادات وأجهزة التكييف والمحركات، وكان في البداية معتدلاً في شدته إلى أن تطور أكثر وأصبح يكافئ تلك المعايير السائدة في الولايات المتحدة (Friedmann1998).

الجدول (3-4)

مستويات كفاءة الطاقة المستهدفة للبرنامج الياباني

المنتج	المستوى المعياري	معدل تحسين الكفاءة (٪)	العام المستهدف تحقيق الأهداف فيه
السيارات			
سيارات البنزين	2.21–4.6 كم/لتر	23	2010
سيارات النقل الخفيفة العاملة على البنزين	2.20–3.9 كم/لتر	13	2010
سيارات الديزل	9.18–7.8 كم/لتر	15	2005
سيارات النقل الخفيفة العاملة على الديزل	7.17–9.9 كم/لتر	5.6	2005
البرادات	حسب الحجم	30	2004
أجهزة التكييف	2.5- 3.6 COP	15	2007
المضخات الحرارية	2.8-5.3 COP	63	2007
أجهزة الفلوريسنت	49-86 lumens/W	17	2005
التلفاز	حسب الحجم	16	2003
أجهزة الفيديو (الحالة الاحتياطية)	1.7-4 W	59	2003
الناسخات الضوئية	حسب معدل النسخ	30	2006
أجهزة الحاسوب	حسب الحجم والسرعة	83	2005
سواقات الأقراص المغناطيسية	حسب السرعة	78	2005

ملاحظات: أ- التحسينات المقصودة هي بالنسبة لتلك السائدة عام 1997.
W = واط. COP = معامل الكفاءة Coefficient of Performance
المصدر: IEA 2000b, 2001c.

لقد تبنت معظم البلدان الصناعية وبعض البلدان النامية كوداً خاصاً بتحسين كفـاءة الطاقة في الأبنية، والذي يفرض حداً أدنى لكفاءة الطاقة في الأبنية الجديدة، سواء السكنية أو التجارية، ويأخذ هذا الكود عـادة إحـدى صـيغتين: الأولى إرشـادية، والثانيـة تـرتبط بـالأداء، أو يمـزج بيـنهما. تـشمل الـصيغة الإرشـادية الإلـزام بتقنيـات محـددة وأخـرى لمواصفات النظام، أما تلك المرتبطة بالأداء فتتطلب مستوى محدداً لمردود الطاقة، مثل حـد أدنى لسماكة العزل في الجدران أو القيمة العظمـى لـشدة الإنـارة المركبـة منـسوبة لوحـدة المساحة، ومن مزايا هذه الصيغة أنها تعطي المـصممين والمـالكين مرونـة أكـبر، لكـن مـن الصعب مراقبتها وفرضها.

تعتبر كودات البناء إحدى استراتيجيات ترشيد الطاقة المهمـة عـلى المـدى الطويـل، وبخاصة إذا ما كـان تحـديثها بـشكل دوري لتواكـب التطـورات التقنيـة في قطـاع البنـاء واستراتيجيات التصميم. عمـدت بريطانيـا عـلى سـبيل المثـال إلى رفـع متطلبـات الكـود الوطني لتحسين كفاءة الطاقة في الأبنية بمقدار يراوح بين 25٪ و35٪، ودخل ذلـك حيـز التنفيذ عام 1995، وقامت بريطانيا مرة أخرى بتحديث الكود عام 2001، حيث طرأ عليه تحسينات أخرى وبدئ العمل به عام 2002 (IEA 2001). تتمتع هذه الكـودات بفاعليـة كبيرة إذا ترافقت مع برنامج تدريبي لمصممي الأبنية وشركات المقاولات وتـشجيع تبنـي التقنيات المبتكرة ذات الكلفة المنخفضة وتنفيذ الكـود بـشكل كامـل (Halverson et al. 2002).

بالنسبة للدول النامية حيث ينمو قطاع الأبنية بشكل كبير، يمكن في حال تبنـي كـود تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية أن يكون له تأثير كبـير في اسـتخدام الطاقـة سـيظهر للعيـان خلال فترة تمتد بين عشر سنوات أو عشرين. لكن هناك صعوبة في تشريع ثـم تنفيـذ كـود تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية بشكل إلزامي بسبب الكلفة المترتبـة عـلى ذلـك، ومعارضـة قطاع الصناعات الإنشائية والتراخي في تطبيقـه (Flanigan and Rumsey 1996). عـلى

سبيل المثال في جنوب أفريقيا كان من الصعوبة بمكان تشييد أبنية جديدة فعالة حرارياً ضمن إطار البرنامج الوطني لتشييد المساكن، بسبب معارضة الكودات الإلزامية وارتفاع الكلفة الأولية ارتفاعاً بسيطاً (Splading-Fecher, Williams and Van Horen 2000). من جهة أخرى تبنت الفلبين كود تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية التجارية منذ عام 1994 لكن لم يُعمل به (Wiel et al. 1998). أما في الصين فلم يُطبق مثل هذا الكود بعد.

يمكن للقواعد التنظيمية أن تتغلب على المعوقات في وجه تبني أنظمة التوليد بالدارة المركبة ونشر تقنيات توليد الطاقة، وبخاصة فيما يتعلق بوضع مواصفات فنية معقولة وموحدة للوصل بالشبكة العامة لاستجرار الطاقة منها أو مدها بالطاقة. وفي الولايات المتحدة تبنى عدد من الولايات كوداً في هذا الاتجاه، إضافة إلى أن الكود الفيدرالي مازال قيد التطوير منذ عام 2001 (Meyers and Hu 2001). ويمكن أيضاً أن تستخدم الكودات الخاصة بتحسين كفاءة الطاقة في بناء محطات توليد الطاقة وفق أحدث التطورات التقنية.

وضعت ولاية أوريجون في الولايات المتحدة الأمريكية معايير محددة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من محطات التوليد الجديدة، حيث تتطلب هذه المعايير من محطات التوليد أن تعمل وفق مبدأ الدارة المركبة وعلى الغاز، وبحيث لا يقل الحد الأدنى للكفاءة الكهربائية عن 57٪. ومع ذلك، فإذا ما اختير بناء محطة أقل كفاءة من المحددة في المعايير المطلوبة، فيجب على الجهة صاحبة المشروع، سواء كانت شركة لتوليد الكهرباء أو غير ذلك أن تقوم بالتعويض عن هذا من خلال شراء ما يعرف بوحدات انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، أو تدفع ضريبة لصندوق يستثمر في مشاريع تخفيض الانبعاثات الكربونية (Sadler 1999).

يمكن لمعايير الأداء وإجازة المنتجات أن تحسن نوعية الأنظمة الكهرضوئية. على سبيل المثال تعاني كينيا تدهور أداء ثلث الأنظمة الكهرضوئية المنزلية تقريباً، ولمواجهة

ذلك اقتُرح تطبيق معايير إلزامية لكفاءة الطاقة ونظام لواصق توصيف أداء الطاقة للمنتجات (Duke, Jacobson and Kammen 2002). وقد تبين من خلال تجارب دول متعددة، مثل إندونيسيا وسريلانكا والصين، أنه لابد من إقامة توازن بين أداء الأجهزة وتشجيع الإنتاج المحلي من جهة، وتوفير هذه المنتجات بسعر معقول من جهة أخرى (Martinot, Cabraal, and Mathur2000). ويجب أن تساهم المعايير وإجازة المنتجات في إرضاء المستهلك وتحقيق سوق مستدامة، لكن من دون أن تعوق نمو سوق الأنظمة الكهرضوئية.

يمكن استخدام القواعد التنظيمية للتأثير في سلوك الناس، والحد من استخدام الأجهزة ذات الاستهلاك الكبير من الطاقة كالسيارات، لكن يجب الانتباه أثناء ذلك لتجنب العواقب المحتملة غير المرغوبة. على سبيل المثال، جرت في مدينة مكسيكوسيتي محاولة منع استخدام السيارات ليوم واحد في الأسبوع، وذلك لتخفيض الازدحام والتلوث داخل المدينة، وكان هذا من دون تحديث نظام النقل العام داخل المدينة، ما أدى إلى عكس النتائج المرغوبة، حيث ازداد التلوث بسبب لجوء الكثير من ساكني المدينة إلى شراء سيارة أخرى، وهي عادة قديمة وتسبب تلوثاً أكبر للبيئة (Sheehan 2001).

نشر المعلومات والتدريب

تلجأ سلطات الطاقة إلى توعية المستهلك وتثقيفه، سواء على مستوى الفرد أو قطاع الأعمال، وذلك فيما يتعلق بإجراءات تحسين كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة، وذلك من خلال برامج تدقيق الطاقة، ولواصق توصيف أداء الطاقة، والحملات الإعلانية، وتوزيع المواد المطبوعة. وتقدم بعض البرامج الأمريكية مثل برنامجَي "جرين لايت" و"إنيرجي ستار" الأبنية التجارية التدريب والمعلومات والوسائل التحليلية والتقدير فيما يتعلق بالأبنية التجارية، حينما تقبل شركة ما أن تجري تدقيقاً للطاقة لمنشآتها، وتستخدم

الأنظمة ذات الكفاءة العالية في مجال الإنارة أو أي مجال آخر ثبتت فعالية كلفة هذه الإجراءات فيه.

ومنذ عام 2000 تمكن المشاركون من تخفيض استخدامهم للطاقة بما يقارب 32 مليار كيلوواط ساعي سنوياً، وبالتالي تخفيض الانبعاثات الكربونية بمقدار ستة ملايين طن متري سنوياً (EPA 2001). ويعود الفضل في نجاح هذه الجهود إلى الالتزام المطلوب من هذه الشركات قبل أن تصبح مؤهلة لتلقي المساعدة ومن ثم التقدير.[4]

يمكن لبرامج الاختبارات ولواصق توصيف أداء المنتجات من حيث الطاقة، أن تلعب دوراً كبيراً في توعية المستهلك بالكفاءة النسبية لاستخدام الطاقة لمختلف المنتجات. وتمكّن هذه الاستراتيجية المنتجات ذات الكفاءة العالية من أخذ مكانها المناسب في السوق في كل الأوقات من خلال عملية التوصيف والترويج، كما هي الحال في الولايات المتحدة والبرازيل وأمكنة أخرى. وتتميز عملية الاختبارات والتوصيف بفعالية كلفتها للحكومات، لأن كل الاستثمارات في المنتجات ذات الكفاءة العالية تأتي من القطاع الخاص ويتحملها المستهلك. وتشكل عملية التعريف بالمنتجات ذات الكفاءة العالية ومعايير الاختبارات، الأساس اللازم لبرامج الحوافز ولمعايير الكفاءة الدنيا.

حدث في الاتحاد الأوربي إلزام المصنعين باختبار واستخدام لواصق توصيف كفاءة الطاقة لعدد من الأجهزة منها: البرادات والمجمدات وغسالات الألبسة، إضافة إلى عدد كبير من الأجهزة المنزلية الأخرى. وتتضمن عملية التوصيف هذه تصنيف الأجهزة من A إلى G وذلك اعتماداً على كفاءتها، ما يمهد الطريق أمام المستهلك ليميز بين مختلف المنتجات واختيار الأكفأ بسهولة. لقد خفض الجمع بين التوصيف ومعايير الحد الأدنى لكفاءة الطاقة، والذي أخذ طريقه نحو التطبيق الفعلي منذ عام 1999 من متوسط الاستهلاك للبرادات والمجمّدات الحديثة المبيعة في السوق الأوربية حوالي 27٪ ما بين بداية عامي 1990 و1999 (Waide 2001).

إضافة إلى ذلك فإنه يقدر أن كل يورو صرف على التوصيف قابله وفر متحقق من جانب المستهلكين في فواتير الطاقة الكهربائية يصل إلى مئة ألف يورو (Wiel and McMahon 2001). لكن بسبب التقدم الكبير الذي يعمل على تحقيقه على صعيد كفاءة الطاقة يجب أن يجري التحديث الدوري لبرامج التوصيف ومعايير كفاءة الطاقة (Waide 2001).

يقوم برنامج "إنيرجي ستار" لتقويم المنتجات وتوصيفها في الولايات المتحدة الأمريكية بإعلام المستهلك بالمنتجات ذات الكفاءة العالية، كالتجهيزات المكتبية وأجهزة الإنارة ومنتجات أخرى. ويعمل البرنامج جنباً إلى جنب مع المصنعين لتوفير الأجهزة ذات الكفاءة العالية على نطاق واسع. لقد جرى عام 2000 بيع أكثر من 600 مليون منتج يحمل توصيف Energy Star®. وقدرت الوفورات الناتجة عن استخدام هذه الأجهزة من الطاقة الكهربائية حوالي 42 مليار كيلوواط ساعي سنوياً، وهذا ينعكس تخفيضاً على فواتير الطاقة الكهربائية بمقدار 3 مليارات دولار، كما هو مبين في الجدول (3-5). وتمكن ترجمة الوفر في الطاقة الكهربائية على الصعيد البيئي بما يعادل تجنب إطلاق 9 ملايين طن متري من الانبعاثات الكربونية (EPA 2001). إن التأثير الأكبر لهذا البرنامج كان على كفاءة الطاقة للحواسيب الشخصية والشاشات والأجهزة المكتبية الأخرى.

إذا لم يجر تركيب التجهيزات ذات الكفاءة العالية بالشكل الصحيح، ولم تستخدم بالشكل الأمثل، فإن أداءها سيتدهور، وستفقد ما تتمتع به من كفاءة، وهنا تبرز أهمية التدريب للحفاظ على الكفاءة العالية لهذه الأجهزة. إن تدريب مديري المنشآت التجارية في الولايات المتحدة الأمريكية ضروري جداً من أجل تحقيق الوفورات المطلوبة من خلال برامج إدارة الطاقة وأنظمة التحكم (Dodds, Baxter, and Nadel 2000). وكذلك، فإن تدريب المقاولين الذين يقومون بتركيب أنظمة التكييف يؤدي إلى زيادة عدد الأنظمة ذات السعة المناسبة والمركبة بشكل جيد. وإذا لم يحدث هذا فلن تعمل المكيفات ذات الكفاءة العالية كما هو متوقع منها، ولن تحقق الوفورات المتوقعة (Neme, Proctor and Nadel 1999).

الجدول (3-5)

الوفورات المتحققة عام 2000

باستخدام التجهيزات المصنفة ®Energy Star في الولايات المتحدة الأمريكية

المنتج	سنة البدء	وفورات الطاقة (مليار كيلوواط ساعي)	انبعاثات الكربون التي تم تجنبها (مليون طن متري)
الحواسيب والشاشات	1993	24.5	5.0
الطابعات	1993	6.0	1.2
الناسخات		1.1	0.2
الأجهزة المكتبية الأخرى	1997-1995	3.4	0.7
أجهزة التلفاز والفيديو والأجهزة السمعية	1999-1998	2.0	0.4
أجهزة الإنارة	1997-1995	3.9	0.8
المنتجات الأخرى	1997	1.5	0.3
المجموع		**42.2**	**8.8**

المصدر: EPA 2001.

يكتسب التدريب أهمية خاصة في نجاح برامج تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في الصين والهند (انظر الفصل الرابع). ونفس الشيء ينطبق على أفريقيا حيث شمل برنامج تحسين أداء مواقد الطبخ في كينيا تدريب الحرفيين الذين يصنعونها لتطويرها وإنتاج طُرُز أكثر كفاءة، فقد بيع أكثر من 700000 موقد متطور صُنّعت من قبل أكثر من 200 حرفي وبعض المصانع الصغيرة، وتستخدم في غالبية البيوت في المدن (Kammen 1999, Karekezi, and Ranja 1997).

لقد أظهرت التجارب أن نشر المعلومات والتدريب وحدهما يؤديان إلى وفورات محدودة. فقد أُلزمت شركات الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال ثمانينيات القرن

الماضي بأن تقوم بتدقيق الطاقة في منازل المشتركين مجاناً، بعد ست سنوات بلغت نسبة المشاركين في هذا البرنامج 7٪ فقط، وراوح متوسط معدل الوفورات المتحققة بين 3٪ و5٪ لكل مشارك (Nadel and Geller 1996). نفس الشيء ينطبق على البرازيل؛ حيث لم تثمر الجهود المبذولة في مجال تدقيق الطاقة أو في النواحي التعليمية الأخرى إلا وفورات محدودة (Geller 1991). ويبدو أن أنشطة التدريب ونشر المعلومات تعطي الأثر الأكبر إذا وجِّهت نحو صانعي القرار، وتزامنت مع عملية البناء أو مع شراء منتج يستهلك الطاقة بشكل كبير.

تميل عملية نشر المعلومات إلى النجاح أكثر كلما ترافقت مع سياسات أخرى، مثل التمويل ، والحوافز، والاتفاقات الطوعية، والقواعد التنظيمية. على سبيل المثال، تقوم مراكز خدمات كفاءة الطاقة في الصين بنشر المعلومات والتدريب على المستويين الإقليمي والمحلي، وتكللت هذه الجهود بالنجاح لمواكبتها للبحث والتطوير والتوعية، والتمويل والحوافز والقواعد التنظيمية (Sinton, Levine, and Qingyi 1998). أما في تايلاند فقد أطلقت حملة توعية عامة حول مصابيح الفلوريسنت ذات الكفاءة العالية أثبتت نجاحها، وترافقت مع اتفاقيات طوعية مع مصنعي هذه المصابيح (Birner 2000). وفي الولايات المتحدة الأمريكية ثبتت فعالية تدريب المقاولين والمسؤولين عن تطبيق كود الأبنية، وذلك بالتوافق مع تبني كود أكثر صرامة (Geller and Thorne 1999).

في الدول النامية يكتسب التدريب ونشر المعلومات أهمية خاصة ضمن إطار الجهود المبذولة لنشر استخدام أنظمة الطاقة المتجددة، كالطاقة الشمسية لتسخين المياه والأنظمة الكهرضوئية وأنظمة الطاقة المتجددة الأخرى (Kammen 1999). وقامت الصين بشكل خاص بتأسيس شبكة فعالة لنشر المعلومات على المستوى المحلي، وإنشاء مراكز تدريب ضمن استراتيجيتها لتشجيع أنظمة تحلل الغاز الحيوي biogas digester، وأنظمة طاقة الرياح ذات السعات الصغيرة، وتقنيات الطاقة المتجددة الأخرى (Martinot et al. 2002). وقامت الهند أيضاً بتأسيس مراكز إقليمية للتدريب والترويج ومراكز خدمات

ضمن إطار برنامجها الخاص في الغاز الحيوي، والأنظمة الكهرضوئية، والطاقة المتجددة الأخرى (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابع). لكن نود التذكير مرة ثانية أن نشر المعلومات والتدريب كانا جزءاً من برنامج شامل للطاقات المتجددة في كل من الصين والهند.

المشتريات

تساعد عمليات الشراء بالجملة التي تقوم بها الحكومات والقطاع الخاص على تأسيس سوق مبدئية لتقنيات الطاقة النظيفة. وتقوم الجهات الحكومية المختلفة، ابتداءً من المستوى الفيدرالي ومروراً بالولايات وحتى المستوى المحلي، بعمليات شراء كبيرة من منتجات مختلفة ومتنوعة؛ مثل مصابيح الإنارة وأجهزة التكييف والسيارات والأجهزة الكهربائية وبقية المنتجات بالجملة. ويوفر شراء المنتجات ذات الكفاءة العالية المال بالنسبة إلى المستهلك خلال فترة استخدام المنتج على أساس الكلفة في دورة حياة المنتج إضافة إلى المساهمة في بناء وتأسيس سوق لهذه التقنيات المبتكرة.

لقد وجِّهت المشتريات الحكومية في الولايات المتحدة الأمريكية على هذا النحو منذ عام 1993، حيث طُلب من المؤسسات الفيدرالية شراء التجهيزات المكتبية من حواسيب وغيرها والتي تحمل التصنيف Energy Star®. لقد كانت هذه الخطوة هي الدافع الأساسي وراء الإنتاج الواسع للحواسيب الشخصية التي تحمل هذا التصنيف في العالم (Thigpen et al. 1998). يضاف إلى ذلك الأمر التنفيذي الذي صدر عام 1999 وطُلب بموجبه من كافة المؤسسات الفيدرالية شراء التجهيزات المصنفة Energy Star® من أجهزة الإنارة والتكييف والأجهزة الأخرى المستهلكة للطاقة (Wiel and McMahon 2001).

تقوم سلطة الطاقة في ولاية نيويورك باعتماد مبدأ الشراء بالجملة لاستبدال 180000 براد قديم في شقق تقطنها عائلات من ذوي الدخل المتدني في مدينة نيويورك، وتقوم سلطات الإسكان في الولاية والتي تتحمل فواتير الطاقة لهذه العائلات بالتعويض على

سلطة الطاقة في الولاية. ونتيجة للشراء بالجملة تقدم أحد المصنعين بنموذج متطور لبراد لاستخدامه في مثل هذه الشقق يستهلك طاقة أقل بحوالي 60٪ من البراد العادي المستخدم. ويتضمن برنامج الاستبدال هذا تجميع البرادات القديمة وإعادة تدويرها (Kinney and Cavllo 2000). وهذا ما شجع شركات الطاقة وسلطات الإسكان في ولايات أخرى أن تحذو حذو ولاية نيويورك واعتماد مبدأ الشراء بالجملة.

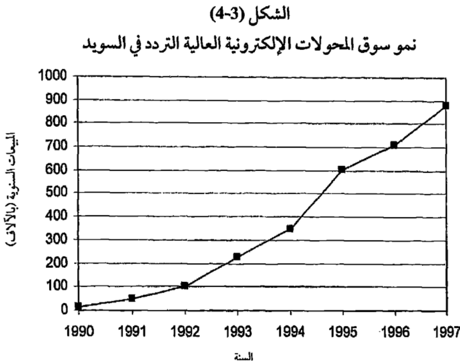
تنظم الهيئة الوطنية للتطوير الصناعي والتقني في السويد والمعروفة حالياً بإدارة الطاقة الوطنية السويدية، عملية الشراء بالجملة لعدد كبير من التجهيزات ذات الكفاءة العالية في مجال الأجهزة الكهربائية وأنظمة الإنارة وتقنيات البناء. وحدث التزام من القطاعين العام والخاص بالشراء على أساس تنافس المصنعين. وتم استكمال الشراء بالجملة في عدد من الحالات بمجموعة من السياسات المساندة كنشر المعلومات، وسياسات التشجيع، ولصاقات توصيف الأداء، والمعايير الطوعية، والحوافز المالية.

لقد أدت هذه الجهود إلى إطلاق مجموعة كبيرة من المنتجات ذات الكفاءة العالية، كالبرادات وغسالات الملابس والمجففات والنوافذ العالية الأداء، وأيضاً الحواسيب والمحولات الإلكترونية المستخدمة في أجهزة الإنارة (Neij 2001). ونتج عن آلية المشتريات هذه، وبخاصة في مجال البرادات والمجمِّدات، إطلاق طُرُز تستخدم طاقة أقل بحوالي 50٪ في المتوسط من الطُرُز العادية المتوافرة في السوق. وكانت كلفة هذه الجهود بالنسبة للحكومة السويدية منخفضة نسبياً بسبب أنها لعبت دوراً مسانداً فقط.

يعتبر المحول الإلكتروني العالي التردد ذو الكفاءة العالية من أوائل برامج مشتريات الحكومة السويدية، إذ اشتُري 46000 محول، وأدت هذه العملية إلى تسريع إطلاق هذا النوع من تقنيات تحسين كفاءة الطاقة، ونمو عملية تسويقه بنجاح (الشكل 3-4). وانخفضت كلفة هذه المحولات في منتصف التسعينيات بشكل كبير، وبلغت نسبة مساهمتها في التركيبات الجديدة لسوق المحولات حوالي 60-70٪، وتقدر الفوائد الاقتصادية لهذا البرنامج بأكثر من عشرين ضعف الكلفة (Neij 2001).

الشكل (3-4)

نمو سوق المحولات الإلكترونية العالية التردد في السويد



المصدر: Neij 2001.

لقد لجأت بعض الدول النامية إلى عمليات شراء بالجملة للمساعدة على إقامة أسواق لمعايير كفاءة الطاقة. فقد قامت الهيئة الوطنية في المكسيك بشراء أجهزة إنارة الفلوريسنت ذات الكفاءة العالية بأعداد كبيرة، ثم قامت ببيعها للمستهلكين في مدينتين، ومن الشراء بالجملة حصلت هذه المؤسسة على أجهزة إنارة فلوريسنت ذات كفاءة عالية بخصم كبير من المنتجين. وقامت المؤسسة بتمويل عملية الشراء هذه والحصول على مواصفات عالية جداً، وبحسومات كبيرة على أسعارها. وتولت مؤسسة الطاقة تمويل شراء هذه الأجهزة من المستهلكين، إضافة إلى تقديم دعم مالي لعملية الشراء. وما بين عامي 1995–1998 بيع أكثر من 2.5 مليون جهاز (Friedmann 2000). وقد سرت في البداية مخاوف من أن هذا البرنامج قد يأخذ دور البائعين التجاريين لأجهزة إنارة الفلوريسنت ذات الكفاءة العالية، لكن مع زيادة الوعي فإن السوق الإجمالية شهدت تحسناً مستمراً، واستفاد الجميع منها، سواء كانوا بائعي تجزئة أو موزعين.

وفي تايلاند قامت إحدى مؤسسات الطاقة بعملية شراء بالجملة لأجهزة إنارة الفلوريسنت، وباعتها من خلال منافذ محددة من دون دعم مالي. إن الشراء بالجملة يؤدي

إلى خفض الأسعار بحوالي 40٪، ما أدى إلى توافرها عبر منافذ البيع بالتجزئة (Martinot and Borg 1998). وبلغ عدد أجهزة الفلوريسنت التي بيعت بهذا الأسلوب عام 2000 أكثر من 900 ألف جهاز.

يمكن أن يعزى السبب الأساسي في تركيز المشتريات الحكومية على تقنيات تحسين كفاءة الطاقة حتى الآن إلى أن هذه التقنيات تتميز بالفاعلية من حيث الكلفة. من جهة أخرى، فإن الحكومات تمتلك عدداً كبيراً من الأبنية التي من الممكن أن تُجهز بأنظمة الطاقة المتجددة المتكاملة، أو أنظمة التوليد باستخدام خلايا الوقود العاملة وفق الدارة المركبة. وتستطيع الحكومات أيضاً شراء الطاقة الخضراء التي تأتي بمعظمها من الطاقة المتجددة لاستخدامها في منشآتها، إضافة إلى أنها تمارس دوراً في تنسيق شراء تقنيات الطاقة المتجددة أو الطاقة الخضراء، سواء في القطاع السكني أو في قطاع الأعمال، وجرى اقتراح استخدام المشتريات الحكومية في مجال السيارات لتمهد الطريق نحو وضع استراتيجية لإطلاق مشروع السيارات العاملة على خلايا الوقود الهيدروجينية في السوق (Ogden, Williams, and Larson 2001).

تحتاج المشتريات الحكومية من تقنيات الطاقة المتجددة أو من خلايا الوقود دعماً لأسعار هذه التقنيات، وذلك في البداية على الأقل. لكن مما لا شك فيه أن المشتريات الحكومية تلعب دوراً كبيراً في تحفيز نمو سوق هذه التقنيات في بادئ الأمر، وتخفض من كلفة تقنيات الطاقة المتجددة كالأنظمة الكهرضوئية على المدى الطويل (الإطار 3-1). وقد بدأت الحكومات تدرك هذه الحقائق، وشرعت في شراء أنظمة الطاقة المتجددة والطاقة الخضراء على نطاق واسع، والأمثلة على ذلك كثيرة، فقد تعهدت ولاية نيويورك بشراء ما نسبته 10٪ من مجمل الطاقة الكهربائية التي تحتاجها في منشآتها من مصادر متجددة كخلايا الوقود، على أن تصل هذه النسبة إلى 20٪ بحلول عام 2010 (NYS 2001). أما في مدينة شيكاجو والضواحي المحيطة بها فقد التُزم بشراء 20٪ من حاجتها من الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام 2006، ونتيجة لذلك ستبلغ سعات الطاقة المتجددة في شيكاجو وضواحيها 80 ميجاواط.

الإطار (3-1)

أثر المشتريات الحكومية
والآفاق المحتملة لتخفيض كلفة الأنظمة الكهرضوئية

لا يمكن إنكار تأثير المشتريات الحكومية في إحداث نمو كبير في السوق وتخفيض كلف الأنظمة الكهرضوئية في الولايات المتحدة. إذا استمدت المنشآت الحكومية 1٪ من حاجتها من الكهرباء من الأنظمة الكهرضوئية، فإن ذلك يحتاج إلى تركيب أنظمة بسعة إجمالية قدرها 335 ميجاواط، وهي تعادل ثلاثة أمثال السعة التي تم تركيبها في الولايات المتحدة خلال الفترة 1994- 2000 (Maycock 2001) على فرض أن متوسط كلفة الأنظمة الكهرضوئية تعادل $5 و$7 لكل واط. إن إضافة سعة جديدة من الأنظمة الكهرضوئية تعادل 335 ميجاواط تكافئ ضخ استثمارات تتراوح بين 1.7 و2.3 مليار دولار كاستثمارات في هذا المجال، ويمكن توزيع هذه الاستثمارات على عدة سنوات.

بلغت السعة الإجمالية من الأنظمة الكهرضوئية التي أنتجتها الولايات المتحدة (بما فيها تلك السعة المعدة للتصدير) خلال العقد الماضي حوالي 360 ميجاواط. من خلال استعراض مراحل تطور الأنظمة الكهرضوئية يتبين أنه كلما تضاعفت السعات التراكمية المتاحة انخفضت الكلفة بمقدار 20٪ (IEA 1998, Maycock 2000). لذلك فإن إضافة سعة جديدة مقدارها 335 ميجاواط بمشتريات حكومية سيؤدي إلى تخفيض كبير في كلفة إنتاج الأنظمة الكهرضوئية، لتصبح فيما بين $1.5 و$2 لكل واط، وإذا ما تحقق ذلك فإن هذا سيجعل الأنظمة الكهرضوئية في وضع تستطيع فيه المنافسة في كثير من التطبيقات داخل الولايات المتحدة وخارجها.

إصلاحات السوق

تساعد عملية إجراء إصلاحات في السوق؛ مثل: إفساح المجال للمنافسة، ومكافأة المستويات العالية لكفاءة الطاقة، على التغلب على عدد من العقبات في وجه الوصول إلى نمو مستدام للطاقة. وضمن هذا التوجه لجأ عديد من الدول الصناعية والنامية إلى إعادة هيكلة قطاعات الطاقة لتحفيز المنافسة وتشجيع التخصيص وجذب الاستثمارات لهذا القطاع. وأدى ذلك في بعض الحالات إلى زيادة السعات التي تحقَّق من تقنيات معينة، كمحطات توليد الطاقة العاملة على الغاز الطبيعي وفق الدارة المركبة، وهذا أدى بدوره إلى زيادة كفاءة توليد الطاقة الكهربائية، وخفض انبعاثات المواد الملوثة. وتعتبر بريطانيا إحدى الدول التي تبنت هذا النهج (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابع).

تمثل الأرجنتين مثالاً آخر على تبني إصلاحات السوق لرفع كفاءة الطاقة والمردود الاقتصادي. ونتيجة لذلك تحسن متوسط معدل كفاءة محطات توليد الطاقة الحرارية من 25٪ عام 1989 إلى 40٪ عام 1998 عقب خصخصة مؤسسات الطاقة، وتبني سياسات

تزيد من حدة المنافسة بين شركات توليد الطاقة (Dutt, Nichi, and Brugnoni 1997). وأدت هذه الإصلاحات أيضاً إلى زيادة عدد محطات توليد الطاقة، وخفض ضياعات نقل الطاقة وأسعارها. ومع ذلك، لم تواكب هذه العملية لإصلاح السوق أي إجراءات محددة لتحسين كفاءة الطاقة الكهربائية.

كما تبين من الفصل الثاني، يمكن لسياسة التحرير والتخصيص أن تخفض من دعم مؤسسات الطاقة لبرامج تحسين كفاءة الطاقة لدى المستخدم النهائي، ولتطوير الطاقة المتجددة، وتوسيع خدمات الطاقة لتشمل العائلات الفقيرة والريفية. لذلك من الضروري تبني سياسات محددة لحماية هذه المنافع العامة، ضمن إطار إعادة هيكلة مؤسسات الطاقة. ومن السياسات الأخرى إلزام السوق بتقنيات الطاقة المتجددة، وسنناقشها في الفصل القادم.

من الوسائل السياسية الأخرى التي يمكن أن تساعد على تقدم الطاقة المتجددة ضمن بيئة تنافسية، السماح بتمايز المنتجات وتسويق الطاقة الخضراء.[5] فقد وافقت 17000 عائلة وشركة في ولاية كولورادو على تسديد مبلغ إضافي لكل كيلوواط يعادل 2.5 سنت لدعم مؤسسة الطاقة الرئيسية في الولاية لحيازة أنظمة طاقة الرياح (Xcel Energy 2001). وبلغت السعات التي موّلها هذا البرنامج مباشرة حوالي 45 ميجاواط منذ عام 2001، كما أنها مهدت الطريق لتطوير طاقة الرياح لتصبح أحد مصادر الطاقة التنافسية في الولاية.[6] ويعتمد نجاح برامج الطاقة الخضراء على عوامل عدة، منها قيمة المبلغ الإضافي، ومدى نجاح التسويق، ومصداقية الجهات المولدة للطاقة الخضراء (Mayer, Blank, and Swezey 1999).

إن فرض رسم إضافي بسيط على مبيعات الطاقة الكهربائية هو أسلوب آخر لدعم تحسين كفاءة الطاقة ومصادر الطاقة المتجددة، إضافة إلى تمكين العائلات الفقيرة والريفية من الحصول على حاجتهم من الطاقة ضمن بيئة تسويقية أكثر تنافسية. وتبنى المشرعون في حوالي عشرين ولاية في الولايات المتحدة الأمريكية فرض رسم إضافي على الكهرباء لتمويل تحسين كفاءة الطاقة ونشاطات عامة أخرى (Kushler and Witte 2001). وعادة يشكل هذا الرقم مبلغاً زهيداً من السعر الإجمالي للطاقة الكهربائية. في بعض الولايات

تدير أجهزة حكومية هذه البرامج، وفي ولايات أخرى يكون ذلك عبر شركات توزيع الطاقة أو منفذين مستقلين لهذه البرامج.

تعتبر البرازيل من الدول الأخرى التي اتبعت فرض رسم إضافي على الكهرباء، وترافق مع خصخصة شركات الطاقة وإعادة هيكلتها. يضاف 1٪ على قيمة الخدمات التي تقدمها شركات الطاقة، وذلك لدعم البحث والتطوير وبرامج تحسين كفاءة الطاقة في شركات الطاقة (Geller 2000). واعتمدت برامج مشابهة في الدنمارك والنرويج والمملكة المتحدة لتمويل مشاريع تحسين كفاءة الطاقة، بالتوازي مع إعادة هيكلة شركات الطاقة (Nilsson et al. 2000). وفي الدنمارك والمملكة المتحدة تقوم شركات الطاقة المحلية بتنفيذ برامج تحسين الكفاءة، وأما في النرويج فتقوم بتنفيذ هذه البرامج مراكز مستقلة متخصصة بتحسين الكفاءة.

تؤدي عملية الخصخصة وإعادة الهيكلة في الدول النامية غالباً إلى زيادة التعرفة. وحينئذ فإنه من الضروري حماية المستهلكين من ذوي الدخول المتدنية، ويجب أن تحدث عملية تنظيم شركات الطاقة الخاصة، بحيث تلتزم بتوسيع شبكة الطاقة الكهربائية. وتحاول غانا توسيع الشبكة الكهربائية ضمن إطار سياسة الخصخصة وإعادة الهيكلة التي تقوم بها في قطاع الطاقة، عبر إلزام شركات الطاقة الخاصة بتغذية كافة المستهلكين في المدن، وتوسيع التغذية الكهربائية لتصل إلى الريف، وتقديم حسم خاص على أسعار الطاقة للعائلات الفقيرة. ويقوم واضعو السياسات أيضاً بإزالة الحواجز في الريف من أمام تطوير مصادر الطاقة المتجددة المحلية غير المرتبطة بالشبكة الكهربائية العامة (Edjekumhene, Amadu, and Brew Hammond 2001).

يعتبر إنشاء التعاونيات الكهربائية الريفية إحدى الاستراتيجيات المتبعة لتوسيع نطاق التغذية الكهربائية في الريف. ولا تهدف هذه التعاونيات إلى الربح، ويمكن أن تحصل على التمويل بيسر، ونتيجة لذلك تمكنت من توسيع نطاق خدمات الطاقة في الريف الأمريكي. أما في الدول النامية فيمكن لتأسيس التعاونيات الكهربائية في الريف، ضمن إطار إصلاح قطاع الطاقة، أن يساعد على نشر خدمات الطاقة الكهربائية واستخدام تقنيات الطاقة

المتجددة. في الواقع أُسِّست 45 تعاونية كهربائية ريفية في بنجلادش في ثمانينيات القرن الماضي، بينما عانت شركات الطاقة الحكومية مشكلات تقنية ومالية كبيرة. لقد أسهمت هذه التعاونيات في وصول الطاقة الكهربائية إلى أكثر من 1.6 مليون مستهلك في الريف، وحسّنت من موثوقية النظام ومن تحصيل الأموال (Goldemberg 2000).

إن إحدى الوسائل لإجراء إصلاح في السوق تتمثل في تقديم التسهيلات الطويلة الأجل لمستخدمي الطاقة المتجددة في الريف الذين لم تصل إليهم الشبكة الكهربائية، ويمكن من خلال ذلك زيادة عدد الذين تتوافر لهم كهرباء ودفع استخدام الطاقة المتجددة نحو الأمام. على سبيل المثال، استخدمت الأرجنتين هذا الأسلوب لتشجيع استخدام الطاقة المتجددة وإمداد أكثر من 1.4 مليون عائلة بالكهرباء، إضافة إلى المدارس والعيادات الطبية في شمال غرب البلاد. ويتحمل المستهلكون نصف تكلفة أنظمة الطاقة المتجددة، بينما تتحمل الولايات والحكومة الفيدرالية والمؤسسة البيئية العالمية النصف المتبقي على شكل دعم لهذا البرنامج (Goldemberg 2000).

تنتهج جنوب أفريقيا نفس الاستراتيجية لمنح تسهيلات لمشاريع الطاقة الشمسية ذات الملكية المشتركة. ومن بين الشراكات المشهورة في هذا المجال تلك التي كانت بين شركة شل سولار Shell Solar وشركة الطاقة الوطنية المعروفة (ESKOM). تستخدم هذه الشراكة نهج شركات خدمات الطاقة؛ حيث تؤجِّر الأنظمة الكهرضوئية للمستهلكين الذين يسددون فقط ثمن ما يستهلكونه من الطاقة. لكن لم تتمكن الأنظمة الكهرضوئية في جنوب أفريقيا من تحقيق الانتشار المطلوب في القطاع السكني لأسباب متعددة، من بينها تأخر الحكومة في دعم أسعار الأنظمة الكهرضوئية (Hankins 2001).

التزامات السوق

تعتبر عملية فرض التزامات على السوق أحد الأشكال التنظيمية التي يمكن استخدامها لتحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة. يمكن الطلب من شركات الطاقة

تحقيق مستوى معين من وفورات الطاقة بوساطة برامج تحسين الكفاءة. ويتميز هذا الأسلوب بالتركيز على الوفورات عوضاً عن أهداف الصرف، وهذا ما اتُّبع في بعض البلدان الأوربية. غير أن نظام رسم المنفعة العامة في الولايات المتحدة الأمريكية، والذي ذكر سابقاً، اكتسب شعبية أكبر لتحفيز تحسين كفاءة الطاقة.

يمكن إلزام مؤسسات الطاقة بأن يكون جزء من الطاقة التي يقدمونها من مصادر متجددة، والتي يعبر عنها كقيمة ثابتة أو كنسبة مئوية من مبيعات الطاقة الكهربائية الإجمالية. وضمن هذا السياق، طلبت 12 ولاية في الولايات المتحدة الأمريكية من مؤسسات الطاقة أن يكون قسم محدد من إنتاجها من الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة، من خلال ما يسمى معيار محفظة (الطاقة) المتجددة Renewable Portfolio Standard. ويختلف هذا المعيار من ولاية لأخرى، حسب كمية الطاقة المتجددة المطلوبة والتقنيات المؤهلة، وفق ما هو مبين في الجدول (3–6). وتحدد بعض الولايات الكمية التي يمكن تأمينها من خلال التقنيات المتاحة والمتوافرة، أو تفرض أن يكون جزء من متطلباتها من مصادر قيد التطوير كالأنظمة الكهرضوئية (Nogee et al. 1999, UCS 2001).

ليس مفاجئاً أن يشهد نمو الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية تطوراً كبيراً، حيث دخل نظام معيار محفظة الطاقة المتجددة حيز التنفيذ منذ عدة سنوات. فقد تبوأت مناطق وسط الغرب العليا وشمال غرب المحيط الهادي وتكساس موقعاً ريادياً بالنسبة لأنظمة طاقة الرياح على مستوى الولايات المتحدة في السنوات الأخيرة،[7] حيث جرى في ولاية تكساس بمفردها رفد الشبكة العامة بما يعادل 900 ميجاواط من مصادر الرياح عام 2001.

تتصف هذه السياسة بميزات عديدة، فهي تساهم في تنويع مصادر الطاقة في المناطق التي تلتزم بها، إضافة إلى الانعكاسات الإيجابية، سواء على الصعيد الاقتصادي أو الاجتماعي في هذه المناطق، وتتمثل في بناء منشآت تصنيع تقنيات الطاقة المتجددة فيها،

وتأسيس شركات مختلفة لتسويق وتركيب وخدمة هذه الأنظمة، إضافة إلى ما تدفعه هذه الشركات للمزارعين لقاء استئجار أراضيهم لبناء هذه المنشآت (Singh 2001).

من الدول الأخرى التي تبنت سياسة معيار محفظة الطاقة المتجددة أو اقتُرحت هذه السياسة فيها: الدنمارك وهولندا وإيطاليا وأستراليا وبلجيكا والمملكة المتحدة (Berry and Jaccard 2001, Espy 2001). حددت المملكة المتحدة تحقيق نسبة 5٪ من الطاقة المتجددة عام 2003، على أن ترتفع هذه النسبة لتصل إلى 10.4٪ عام 2011 (Cameron, Wilder, and Pugliese 2001)، وتم تبني هذه المتطلبات الكمية بعد أن طُبِّق إلزام سابق بالطاقة المتجددة من خلال استدراج عروض تنافسية في تسعينيات القرن الماضي، ولم يلق النجاح المطلوب.

يعطي نظام معيار محفظة الطاقة المتجددة صورة مؤكدة أن الالتزامات الموضوعة في مجال الطاقة المتجددة ستنفذ، وستحفِّز المنافسة في أوساط منتجي تقنيات الطاقة المتجددة، ويعزِّز تطوير هذه التقنيات بأقل كلفة ممكنة (Espey 2001). وبشكل عام يمكن لشركات الطاقة أن تحقق الأهداف المرجوة في مجال الطاقة المتجددة، إما من خلال التوسع في تركيب منشآت إضافية للطاقات المتجددة، أو شراء حاجتها من خلال أرصدة الطاقة المتجددة القابلة للتجارة*. ويساعد هذا البرنامج على تخفيض الكلفة الإجمالية للالتزام بالأنظمة النافذة.

إن القضية الأساسية التي تجب معالجتها أثناء تصميم برنامج معيار محفظة الطاقة المتجددة هي الكمية، والتوقيت، والمصادر التي يشملها البرنامج، وهل يجب وضع سقف للكلفة؟ وهل سيتم تحديد حد أدنى وأعلى للطاقة المستجرة من مصدر محدد من الطاقة المتجددة؟ (Nogee et al. 1999).

---

* تسمى أحياناً Green Tags أو Renewable Energy Credit (RECs) أو Tradable Renewable Certificate وهي آلية سوق تمثل الفوائد البيئية المتعلقة بتوليد الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة بخلاف الضرائب التي تفرض على الانبعاثات الكربونية الناتجة عن الطاقة من مصادر تقليدية، ضمن ما يسمى تجارة الانبعاثات Emission Trading. في بعض الولايات الأمريكية تقوم وكالة متخصصة بإجازة هذه الفوائد البيئية وتمنحها رمزاً خاصاً بها لكي لا يتم حسابها أكثر من مرة، ثم يتم تزويد الطاقة المتجددة إلى الشبكة العامة، والتبادل التجاري للميزات المصاحبة لهذه الطاقة في السوق. (المترجم)

الجدول (3-6)

سياسة معيار محفظة الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية اعتباراً من عام 2001

الولاية	متطلبات الطاقة المتجددة	التقنية المؤهلة
أريزونا	2.0٪ عام 2001 1.1٪ عام 2007	يجب أن تمد الأنظمة الكهرضوئية والكهرباء الحرارية النصف على الأقل.
كونيكتكت	6٪ عام 2001 13٪ عام 2009	نسبة التقنيات المتاحة حالياً (المائية، فضلات المدن) تصل إلى 7٪ عام 2007، بينما يجب على التقنيات الحديثة (الرياح، الطاقة الحيوية الحديثة، الغاز المستخرج من معالجة القمامة وخلايا الوقود) أن تقدم 6٪ عام 2007.
هاواي	7٪ عام 2003 9٪ عام 2010	الرياح، الشمس، الحيوية، الحرارية في باطن الأرض، الغاز المستخرج من معالجة القمامة، الفضلات، خلايا الوقود، طاقة المحيطات.
أيوا	2٪ عام 1999	الرياح الحيوية، الشمسية، المائية، خلايا الوقود، الفضلات.
مين	30٪ عام 2000	الطاقة الحيوية، الشمسية، المائية، الحرارية لجوف الأرض، الغاز المستخرج من معالجة القمامة، التوليد المشترك ومشاريع فضلات المدن أقل من 100 ميجاواط.
ماساشوسيتس	11٪ عام 2009	الطاقة الحيوية، المائية، فضلات المدن، الرياح ، الشمسية. وتم تحديد نسبة 7٪ من الإجمالي على أن يكون من مصادر مائية ومن فضلات المدن.
مينوسوتا	1٪ عام 2005 10٪ عام 2015	الرياح، الحيوية، المائية، الشمسية.
نيفادا	5٪ عام 2003 15٪ عام 2013	الشمسية، الرياح، الحيوية، الحرارية لباطن الأرض.
نيوجيرسي	5.5٪ عام 2006 5.10٪ عام 2012	يجب أن تزود الشمسية الحديثة، والرياح، والحرارية لباطن الأرض، والغاز المستخرج من معالجة القمامة، وخلايا الوقود 4٪ من الإجمالي عام 2004 على الأقل.
بنسلفانيا	2٪	الرياح، الشمسية، الحيوية، الحرارية لباطن الأرض، فضلات المدن.
تكساس	تقريباً 3٪ عام 2009	2000 ميجاواط من مصادر: الرياح، الشمسية، الحيوية، المائية، الحرارية لباطن الأرض، الغاز المستخرج من معالجة القمامة.
ويسكنسون	2.2٪ عام 2011	الشمسية، الرياح، الحرارية لباطن الأرض، خلايا الوقود، الاستطاعات الصغيرة المائية.

المصدر: Berry and Jaccard 2001, Dsire 2001, Nogee et al. 1999

الجدول (3-7)

تجربة الالتزام بالوقود اللاأحفوري (NFFO) في المملكة المتحدة

	المشاريع المتعاقد عليها[أ]			متوسط السعر	المشاريع التي بدأت التوليد[ب]	
الجولة	السنة	العدد	ميجاواط	بنس/ كيلوواط ساعي	العدد	ميجاواط
NFFO1	1990	75	152	7	61	145
NFFO2	1991	122	472	7.2	82	174
NFFO3	1994	141	627	4.4	75	254
NFFO4	1997	195	843	3.5	56	133
NFFO5	1998	261	1177	2.7	17	24
المجموع		**794**	**3271**		**291**	**730**

ملاحظات:

(أ) يتم تحديد السعة على أساس معادل طاقة التحميل الأساسية التي ستولد الكمية نفسها من الكهرباء سنوياً.

(ب) المشاريع المنفذة والتي بدأت بتوليد الطاقة اعتباراً من عام 2000.

kWh= كيلوواط ساعي، MW= ميجاواط.

المصدر: Mitchell 2000

تعهدت الحكومة في المملكة المتحدة عام 1990 بإلزام شركات الطاقة في إنجلترا وويلز بأن تكون حصة الطاقة المتجددة فيها حوالي 1500 ميجاواط بحلول عام 2000، على التوازي مع تخصيص مؤسسات الطاقة وإعادة هيكلتها (Mitchell 2000). واعتبرت في هذه الحالة أن الغاز الناتج عن معالجة القمامة والفضلات الصناعية أو المدينية، من المصادر المؤهلة للدخول في هذا البرنامج. وتم الحصول على هذه السعة من خلال مجموعة من العروض التي استُدرجت بشكل تنافسي من قبل الحكومة المركزية ضمن ما يعرف بسياسة الالتزام بالوقود اللاأحفوري (Non- Fossil Fuel Obligation NFFO). وجرى الحصول على خمسة عروض خلال أعوام 1990-1998، ما أدى إلى زيادة السعة المقترحة والمتعاقد عليها، ونتج عنها خفض الأسعار بشكل متواصل، وذلك للعروض الفائزة (الجدول 3-7). لقد انخفض متوسط السعر من 7 بنسات/ كيلوواط ساعي

(0.105 دولار/ كيلوواط ساعي) في بداية تطبيق هذه السياسة إلى 2.7 بنس/ كيلوواط ساعي (0.04 دولار/ كيلوواط ساعي) في الجولة الأخيرة عام 1998.

لقد واجه برنامج الالتزام بالوقود اللاأحفوري مصاعب عديدة، حيث بلغ مجمل الساعات المتحققة 730 ميجاواط من 3270 ميجاواط المتعاقد عليها اعتباراً من بداية عام 2000 (Mitchell 2000). ويعود انخفاض نسبة الإنجاز هذه لعدة أسباب منها: تعقيد الإجراءات التعاقدية، وتقديم أسعار غير واقعية من بعض العارضين لكسب العقود، والمخاوف البيئية والاجتماعية لمشاريع طاقة الرياح، والكلف العملياتية العالية (Mitchell 2000, Volpi 2000). وكذلك التركيز على الكلف الدنيا للتقنيات المتاحة، كمشاريع الغاز الناتج عن معالجة القمامة وفضلات المدن، والمشاريع الكبيرة والتقنيات المستوردة، أكثر من التركيز على رعاية مجموعة متنوعة من التقنيات المتجددة والصناعة الناشئة المحلية للطاقات المتجددة.

يمكن استخدام سياسة إلزام السوق لإدخال وقود مستخلص من الطاقة المتجددة في قطاع النقل، وذلك لتخفيض استهلاك النفط في قطاع النقل، ويمكن على سبيل المثال الطلب من الشركات العاملة في مجال الإمداد بالطاقة أن تكون نسبة من مبيعاتها من الوقود المتجدد، مثل الإيثانول والديزل الحيوي، أو شراء وحدات الوقود المستخلص من الطاقة المتجددة من شركات إمداد الوقود الأخرى.[8]

إن الخبرة المكتسبة من التزامات ترشيد الطاقة أقل بكثير من التزامات الطاقة المتجددة. ويمكن الطلب من الشركات المزودة بالطاقة مستوى محدداً من الوفورات عند المستخدم النهائي. في إيطاليا مثلاً طلبت سلطة تنظيم الطاقة الوطنية من شركات توزيع الكهرباء والغاز أن تلتزم بتحقيق وفورات محددة في الأعوام 2002-2006. ويمكن تحقيق الوفورات المطلوبة، إما ببرامج تحسين كفاءة الطاقة أو بشهادات كفاءة الطاقة القابلة للتجارة Tradable Energy Efficiency Certificate من شركات خدمات الطاقة

(Pavan 2002). وقد فُرض برنامج مشابه لترشيد الطاقة على شركات إمداد الطاقة في المملكة المتحدة. ويعتمد نجاح مثل هذه السياسة بشكل كبير على تطبيق مشروع عملي وموثوق للمراقبة والتقويم.

يمكن استخدام سياسة إلزام السوق لتحفيز الاستغلال التجاري للتقنيات المتقدمة في مجال السيارات. وقد التزمت ولاية كاليفورنيا بأن تكون نسبة صغيرة من مبيعات السيارات الجديدة من الصنف الذي يعمل على الكهرباء أو خلية الوقود، أو الوقود الهجين (البنزين-الكهرباء) أو التقنيات الأخرى ذات الانبعاثات المتدنية، أو عديمة الانبعاثات. وستكون مساهمة هذا البرنامج في السوق 10٪ عام 2003، وستضمن جميع أنواع السيارات النظيفة بحيث لا تقل نسبة السيارات العاملة على الكهرباء حصراً عن 2٪ من السوق (CARB 2001).

تزداد هذه المساهمة مع مرور الوقت. وضمن إطار تشجيع هذه التقنيات تقدم ولاية كاليفورنيا منحاً تصل إلى 9000 دولار لشراء السيارات الكهربائية وجعلها جذابة للمستهلك. لقد قامت ولاية كاليفورنيا بتعديل سياستها المبتكرة في هذا الاتجاه لتواكب التطورات التقنية ونمو السوق، وخاصة النمو البطيء في مجال السيارات الكهربائية، كما أسهم برنامج السيارات العديمة الانبعاثات في الولايات المتحدة الأمريكية في تطوير تقنيات السيارات المدارة بالكهرباء، والسيارات ذات المحركات الهجينة التي تعمل على الغاز والكهرباء، أو تلك العاملة على البنزين وذات التلوث المنخفض جداً (Ogden, Williams, and Larson 2001).

من الأشكال الأخرى لالتزامات السوق، الحدود العليا المفروضة على انبعاثات المواد الملوثة والسياسات التجارية، والتي تؤدي إلى تحفيز تقنيات الطاقة النظيفة، إذا ما أحسن تصميمها، وقد استخدمت بنجاح في الولايات المتحدة الأمريكية لتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين. لكن جرى منح الولايات بدلات الانبعاثات

القابلة للتجارة tradable emission allowances استناداً إلى نسبة انبعاثاتها في الفترة الماضية، وهذا لا يمكّن الخيارات المتعلقة بتحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة من دخول ما تمكن تسميته بسوق الانبعاثات.

ومن المفضل أن يجري منح هذه البدلات لجميع مصادر الطاقة، بما فيها مشاريع تحسين كفاءة الطاقة التي أثبتت جدواها، وذلك استناداً إلى الطاقة المنتجة أو التي تم توفيرها، أو أن تمنح بدلات الانبعاث بالمزايدة. إن القيام بذلك سيؤدي إلى الاعتراف ومن ثم تقدير الآثار الإيجابية لتخفيض الانبعاثات من خلال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وبالتالي تشجيع تبنيها (Shepard 2001, Wooley 2000).

تنمية القدرات

تعتبر عملية تنمية القدرات أساسية، إذا ما أريد لتقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة واستخدام التقنيات النظيفة للوقود الأحفوري أن تساهم مساهمة كبيرة في تأمين إمدادات الطاقة في المستقبل. وتحتاج جميع الدول إلى اكتساب خبرات متنوعة في النواحي التقنية والتسويق والإدارة والسياسة العامة، بما في ذلك:

- التطورات التقنية، وتكييفها، وتقويمها، واختبارها.
- التصنيع والتسويق.
- التطوير المستدام لقطاع أعمال الطاقة.
- قضايا النشر والسلوك.
- المراقبة والتقويم.
- تدريب مديري الطاقة والمستخدمين النهائيين.
- تطوير السياسة وتنفيذها.

إن عملية تنمية القدرات أمر مطلوب، سواء على المستوى الشخصي أو المؤسساتي. وبشكل خاص، هناك حاجة لتشكيل وإعداد الكوادر في هيئات القطاع العام ومعاهد

الأبحاث ومراكز التدريب المحلية ومراكز التوعية والخدمات. لقد كان لهذه البنية التحتية دور كبير في نجاح وتطوير عدد كبير من التقنيات، منها مواقد طهو الطعام، وأنظمة الغاز الحيوي*، وأنظمة الرياح ذات السعات الصغيرة في الصين (Martinot et al. 2002, Smith et al. 1993). إن عملية تنمية القدرات ضرورية لرفد الشركات الخاصة بالكوادر وتدريبها، وبخاصة أن هذه الشركات هي التي ستقوم بإنتاج وتسويق وتركيب وتقديم كافة الخدمات المتعلقة بتقنيات الطاقة النظيفة.

إن تنمية القدرات والمؤسسات تعني تأسيس مراكز وطنية قوية وناجحة لتحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، مثل تلك التي تعمل حالياً في البرازيل والصين والهند واليابان وأوربا الشرقية (انظر الإطار 3-2 والحالات الدراسية في الفصل الرابع). وتقوم هذه المراكز بمجموعة كبيرة من النشاطات (جرى استعراضها في هذا الفصل) مثل التوعية، ونشر المعلومات، والتدريب، والتمويل، وتقديم الحوافز المالية، وتشجيع السياسات الإصلاحية.

الإطار (3-2)

مراكز تحسين كفاءة الطاقة في وسط وشرق أوربا

تعاني دول وسط وشرق أوربا ودول الاتحاد السوفيتي السابق، والتي كانت تعتمد التخطيط الاقتصادي المركزي، هدراً هائلاً في مجال الطاقة، ونتيجة لذلك قام عديد من هذه الدول بتأسيس مراكز وطنية لتحسين كفاءة الطاقة منذ بداية تسعينيات القرن الماضي، حيث تلقت هذه المراكز دعماً خارجياً إلى أن اشتد عودها، وتمكنت من الاعتماد على نفسها، وحققت اكتفاءً ذاتياً. ساعدت هذه المراكز الشركات الخاصة، ونشرت الوعي حول تقنيات تحسين كفاءة الطاقة، ووفرت التدريب في مجال إدارة الطاقة وإجراء الدراسات التحليلية لدعم الإصلاحات السياسية (Chandler et al. 1999). ويمكن ذكر بعض إنجازاتها فيما يلي:

- تبنى حالياً في ثماني مقاطعات روسية الشقق السكنية والأبنية التجارية حسب معايير الطاقة التي أعدها المركز الروسي لتحسين كفاءة الطاقة (CENEf). لقد أدى تطبيق كود المباني الجديد في موسكو إلى خفض استخدام الطاقة بنحو 40٪ في الأبنية الجديدة أو التي أعيد ترميمها (Matrosov, Chao, and Goldstein 2000). لقد ساعد المركز الروسي لتحسين كفاءة الطاقة في إصدار النسخة الأولى من القانون الفيدرالي الروسي الخاص بحفظ الطاقة في المباني، وساعد في تطوير برامج

* الغاز الحيوي هو أحد المركبات الناتجة عن تحلل المواد العضوية بوساطة البكتريا اللاهوائية anaerobic bacteria، ويتكون هذا الغاز من الميثان بنسبة 60٪ وغاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 40٪. (المترجم)

تحسين كفاءة الطاقة في الأقاليم المختلفة في روسيا ووضع الخطط المالية والفنية لإجراء تحسينات في أنظمة التدفئة المناطقية والتي يمولها البنك الدولي.

- أنفقت أوكرانيا ستة ملايين دولار لتخفيض هدر الطاقة الكبير في الأبنية الحكومية والمعامل الخاصة، حيث لعب مركز تحسين كفاءة الطاقة في أوكرانيا ARENA-ECO دوراً مهماً من خلال تطوير برنامج وطني شامل لتحسين كفاءة الطاقة، يتضمن وضع معايير لكفاءة الطاقة، وتأسيس صندوق لتمويل مشاريع تحسين كفاءة الطاقة، وتقديم المساعدة للشركات المتعددة الجنسيات العاملة في أوكرانيا في مجال توزيع المنتجات ذات الكفاءة العالية، وتقديم الخدمات المتعلقة بها.
- تم في بولندا تنفيذ قانون يهدف إلى إصلاح مؤسسات الطاقة، بحيث يضمن وصول منتجي الطاقة المستقلين إلى الشبكة العامة ويحفز الاستثمارات في مجال تحسين كفاءة الطاقة من قبل مؤسسات الطاقة، ويعود الفضل في ذلك إلى المؤسسة البولندية لكفاءة الطاقة Polish Foundation for Energy Efficiency (FEWE) حيث قامت أيضاً بتأسيس شركة لخدمات الطاقة، والتي أدخلت تحسينات على المجمعات السكنية الكبيرة، وتطوير آليات تمويلية لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة والمساعدة في نجاح تنفيذ برنامج الإنارة ذات الكفاءة العالية في بولندا.
- ساعد المركز التشيكي لتحسين كفاءة الطاقة Czech Energy Efficiency Center (SEVEn) في تأسيس شركات خدمات الطاقة، وفي إعداد أقسام متعددة من قانون تحسين كفاءة الطاقة الوطني، وإعداد الخطط لتحسين كفاءة الطاقة في مختلف مدن التشيك. ولعب هذا المركز أيضاً دوراً كبيراً في مجال نشر التوعية لتحسين كفاءة الطاقة في المدارس والمشافي والأبنية السكنية وفي تطوير معايير كفاءة الطاقة الخاصة بالمباني، إضافة إلى مساهمته في إجراء إصلاحات في سياسة دعم أسعار الطاقة في جمهورية التشيك.
- قام المركز البلغاري لتحسين كفاءة الطاقة Bulgarian Center for Energy Efficiency (EnEffect) بتطوير خطة لتحسين كفاءة الطاقة على المستوى الوطني، إضافة إلى قانون تحسين كفاءة الطاقة، وأقر هذا القانون معايير لتحسين كفاءة الطاقة ولصاقات توصيف الأداء الطاقي، وإنشاء صناديق لتمويل مشاريع تحسين كفاءة الطاقة، وتقديم الحوافز المالية ونشاطات أخرى (IEA 1997c). وساعد هذا المركز أيضاً في تأسيس شبكة لتحسين كفاءة الطاقة على مستوى البلديات وفي تطوير برامج أخرى في هذا الاتجاه.

لقد أثبتت مراكز تحسين كفاءة الطاقة في وسط وشرق أوربا نجاحاً وعلى أكثر من مستوى، أولاً: ساهمت هذه المراكز في نمو قطاع الأعمال والاستثمارات في مجال تحسين كفاءة الطاقة وعلى نطاق واسع. ثانياً: ساعدت في إنشاء بنية تنظيمية وسياسية تؤدي إلى تحسينات واسعة على صعيد تحسين كفاءة الطاقة في بلدانها. ثالثاً: ساهمت في تنمية القدرات اللازمة لتحسين كفاءة الطاقة على المدى الطويل. وأخيراً استطاعت هذه المراكز أن تبقى على قيد الحياة في خضم الاضطرابات الاقتصادية التي تمر بها بلدانها (Chandler et al. 1999).

من الأهمية بمكان أن تتعاون هذه المراكز مع القطاع الخاص وتشد من أزره في مجال التسويق، وهذا يعني إدخال القطاع الخاص منذ البداية في تصميم المشروع ومن ثم تنفيذه وليس الدخول معه في مجال المنافسة مباشرةً. وقد لعب التعاون الفعال بين الحكومة والقطاع الخاص دوراً محورياً في نجاح انتشار طاقة الرياح في الدنمارك، وفي تحسين أداء

مواقد طهو الطعام، ونشر أنظمة طاقة الرياح ذات السعات الصغيرة في الصين، ونشر تقنيات الطاقة المتجددة في الهند (انظر الفصل الرابع).

ويجب إعطاء عملية تنمية القدرات والمؤسسات أولوية كبيرة، سواء من قبل الحكومات الوطنية أو من وكالات المساعدة الدولية. ففي وقت من الأوقات وجِّه النقد إلى البنك الدولي والجهات المانحة المتعددة لإخفاقها في إنشاء بنية تحتية قادرة على تسويق وإمداد الأنظمة الشمسية، وأنظمة الطاقة المتجددة الأخرى، على المدى الطويل، عند انتهاء مشروع تنموي محدد (Martinot et al. Mulugetta, Nhete, and Jackson 2000).

تقنيات التخطيط

في عديد من البلدان والأقاليم وُضعت خطط لتحسين كفاءة الطاقة وجرى تبني الطاقة المتجددة، وتأمين خدمات الطاقة، ضمن إطار فعالية الكلفة والحد من التأثيرات السلبية في البيئة الناتجة عن توليد الطاقة واستخدامها. وهدف كثير من هذه الخطط في الفترة الأخيرة إلى تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. ويجب أن تشمل خطط الطاقة أهدافاً قابلة للتحقيق وإجراءات وأعمالاً للوصول إلى الهدف، إضافة إلى نظام مراقبة وتقويم.

من الأمثلة على خطط الطاقة الناجحة ما حدث في النمسا العليا Upper Austria التي تعتبر من المناطق الصناعية المتطورة، ويبلغ عدد سكانها 1.4 مليون نسمة. فقد وُضعت عام 1991 خطة لتحسين كفاءة الطاقة، وتبني الطاقة المتجددة من خلال جهود كبيرة في مجال التوعية والتعليم، ومنح قروض وتمويل للبحث والتطوير وبعض الإجراءات التنظيمية. ووضعت أهداف محددة لكل قطاع يجب تحقيقها عام 2000. ويبدو أن هذه الخطة قد نُفذت بشكل جيد، ويتوقع تحقيق معظم الأهداف الموضوعة. كما استطاعت النمسا العليا أن تخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنحو 12٪ بحلول عام 1996 (Egger and Dell 1999).

تتولى سلطات التخطيط عملية التخطيط المتكامل للمصادر، التي تعتمد على تعريف مجموعة مصادر العرض ومصادر الطلب، بحيث تؤمّن احتياجات الطاقة وبأنسب الأسعار (NARUC 1998, Swisher, Jannuzzi, and Redlinger 1997). ويهدف هذا البرنامج إلى تأمين التدفئة والإنارة والتبريد والقوة المحركة، وليس الطاقة بحد ذاتها، وبأفضل الأسعار الاقتصادية الممكنة. وهذا يؤدي إلى اعتبار خيارات تحسين كفاءة الطاقة مثلها مثل مصادر إمدادات الطاقة. لقد طبِّق نظام التخطيط المتكامل للمصادر في بعض المناطق في الولايات المتحدة، واختُبر في المناطق الواقعة في شمال الوسط. وقد أدى ذلك إلى تبني برامج واسعة لتحسين كفاءة الطاقة حققت وفورات كبيرة (الإطار 3–3). ومن الممكن أثناء تنفيذ البرنامج أخذ الكلف البيئية غير المتضمنة في أسعار السوق في الحسبان، وبالتالي يمكن اختيار مصادر الطاقة على أساس حساب الكلف الكاملة على عكس ما يحدث في السوق.

يمكن أن يكون لنظام التخطيط المتكامل للمصادر دور كبير في الدول النامية، حيث خدمات الطاقة الحديثة والاستثمارات في مجال الطاقة محدودة. ويتجلى دوره في إرشاد سلطات الطاقة ومؤسساتها إلى المَواطن الكبيرة والفعالة كلفياً لترشيد الطاقة. ويمكن لهذا النظام أن يحدد تقنيات الطاقة المتجددة الأنسب والمجدية اقتصادياً لكهربة الريف. وقد ساعدت الدراسات في مجال التخطيط المتكامل للمصادر على زيادة دعم الجهود الرامية إلى تحسين كفاءة الطاقة عند المستهلك النهائي في مجموعة من الدول، مثل البرازيل والهند وسريلانكا (Geller 1991, Padmanabhan 1999)، بينما يأخذ نظام التخطيط المتكامل للمصادر طريقه إلى التنفيذ في غانا وجنوب أفريقيا.

يعتبر التخطيط المتكامل لاستخدام الأرض والنقل إحدى الاستراتيجيات التي تؤدي إلى التصميم الفعال للمناطق الحضرية، وإلى اعتماد أكبر على النقل العام، مقارنة بالزحف العشوائي للأبنية، والمعتمد بشكل أساسي على السيارات في النقل والمشاهد في الكثير من المدن. يقارن الجدول (3–8) الكثافة السكانية، وتوزع أنماط النقل، واستهلاك الطاقة في قطاع النقل، وكلفة النقل في ست مدن رئيسية. ويتضح من هذه المقارنات أن

المدن المكتظة، مثل هونج كونج وسنغافورة وميونخ، تعتمد بشكل أقل على السيارات، وبأنها أقل استهلاكاً للطاقة من المدن التي تتوسع بشكل عشوائي كمدينة هيوستن. إن المدن المكتظة والمزودة بنظام نقل عام متطور تميل إلى استهلاك أقل للطاقة، ويكون عدد حوادث المرور القاتلة فيها أقل من المدن المعتمدة على السيارات وذات النمو العشوائي (Vivier and Mezghani 2001).

الجدول (3-8)

مقارنة بين الكثافة في المناطق الحضرية وخيار نمط النقل

كثافة الطاقة والكلفة في ست مدن

المدينة	الكثافة (نسمة/ هكتار)	نمط النقل[أ]		كثافة الطاقة جيجاجول/ نسمة	كلفة النقل (٪ من الناتج الاقتصادي الإجمالي)
		السيارات	وسائط النقل الأخرى		
هيوستن	9	95.5	4.5	86	14.0
نيويورك	18	75	25	43	9.4
باريس	48	44	56	15.5	6.8
ميونخ	56	40	60	17.5	5.8
سنغافورة	94	53	47	12	4.7
هونج كونج	320	18	82	6.5	5.0

ملاحظة: (أ) نمط النقل هو نسبة الرحلات بالسيارات مقابل الرحلات التي تتم من خلال النقل العام أو السير أو ركوب الدراجة.

المصدر: Vivier and Mezghani.

تعتبر مدينة كوريتيبا Curitiba في البرازيل من المدن الرائدة في مجال تأمين خدمات النقل العام الفعالة، من خلال التخطيط المتكامل للنقل واستخدام الأرض. وتنمو مدينة كوريتيبا بشكل سريع؛ حيث يبلغ عدد سكانها أكثر من مليوني نسمة. ومنذ بداية سبعينيات القرن الماضي نفذت هذه المدينة سياسة التخطيط الحضري، وأنشأت بنية تحتية متطورة لنظام النقل العام تهدف إلى التخفيف من استخدام وسائط النقل الخاصة،

وتقليص التوسع العشوائي للمدينة. وأنشئ نظام موسع للنقل بالحافلات يشمل خطوط نقل سريعة ومحطات نقل متطورة، حيث كان التركيز على ممرات النقل الجماعي، ونتج عن ذلك أن 75٪ من الركاب يستخدمون الحافلات، وانخفض استهلاك الوقود بالنسبة إلى الفرد إلى ربع نظيره في المدن البرازيلية الأخرى. إضافةً إلى أن التلوث السائد في المدينة منخفض نسبياً (Hawken, Lovins, and Lovins 1999, Rabinovitch and Leitman 1996).

الإطار (3-3)

تخطيط الطاقة الإقليمي في شمال غرب المحيط الهادي

أسس قانون الطاقة وحفظها في شمال غرب الولايات المتحدة الأمريكية. وصدر عام 1980 برنامج تبنته الحكومة الفيدرالية، وهو برنامج التخطيط المتكامل للمصادر في الولايات الواقعة في شمال غرب الولايات المتحدة، في ولايات أوريجون وواشنطن وإيداهو ومونتانا. حدد القانون أربعة أهداف بعيدة المدى، وهي: 1) تحقيق حفظ الطاقة، بحيث يكون فعالاً من حيث الكلفة. 2) تشجيع وتطوير مصادر الطاقة المتجددة. 3) تأسيس برنامج تخطيط للطاقة على المستوى الإقليمي. 4) تأمين تغذية المنطقة بالطاقة اللازمة بشكل اقتصادي مع الحفاظ على البيئة.

لقد أحدث القانون مجلس تخطيط الطاقة الإقليمي الذي يقع على عاتقه إعداد الخطط المتعلقة بحفظ الطاقة والطاقة الكهربائية ومراجعتها مرة كل خمس سنوات على الأقل. ترتكز هذه الخطط على الكلف المتوقعة لإمدادات الطاقة، ومن مختلف المصادر ووفورات الطاقة الممكن تحقيقها، وما يعكسه ذلك من كلف على البيئة والفوائد المتحققة. نتج عن هذه الخطط ضخ استثمارات من قبل شركات الطاقة في شمال غرب المحيط الهادي تعادل أكثر من مليار دولار في مجال تحسين كفاءة الطاقة خلال الفترة 1980–1997، وهو ما أدى إلى تحقيق وفورات تعادل حوالي 11 تيراواط (6٪) اعتباراً من عام 1997، وبمتوسط كلفة للكيلوواط ساعي الذي تم توفيره تبلغ 2–2.5 سنت. تبلغ كلفة التحسينات التي تمت في مجال زيادة كفاءة الطاقة نصف ما تكلفه مصادر الطاقة الجديدة المتوافرة في نفس الوقت، وقدمت ما يعادل 21٪ من مصادر الطاقة الكهربائية اللازمة في المنطقة خلال 1991–1997.

حددت خطة الطاقة الإقليمية في عام 1998 إجراءات إضافية وفعالة كلفياً لتحسين كفاءة الطاقة، يمكن من خلالها تحقيق وفورات تصل إلى 13 تيراواط سنوياً من الطاقة الكهربائية على مدى 20 عاماً. إن تحقيق ذلك يؤدي إلى تجنيب المستهلك في هذه المناطق تسديد فواتير مستقبلية للطاقة تعادل 2.3 مليار دولار، وسيخفض استخدام الطاقة في هذه المناطق بحوالي 7٪ في نهاية هذه الفترة (إضافة إلى الوفورات الأخرى). لكن عندما عصفت بهذه المناطق أزمة طاقة بسبب انخفاض سعات محطات توليد الطاقة الكهرمائية، وترافق ذلك مع مشاكل أخرى عام 2001، لجأت الولايات وشركات الطاقة إلى تصعيد برامج تحسين كفاءة الطاقة لتجنب العجوزات في الطاقة، واقترح مجلس تخطيط الطاقة وعلى المدى القصير تحقيق وفر يعادل استطاعة محطة توليد بسعة تصل إلى 300 ميجاواط على مدى ثلاث سنوات.

وجه قانون عام 1980 مجلس تخطيط الطاقة لحماية الأسماك والحياة البرية بما فيها من حيوانات. وتم خلال الخمسة والستين عاماً المنصرمة بناء أكثر من 79 محطة توليد كهرمائية ومئات من سدود الري على مجرى نهر كولومبيا في شمال غرب الولايات المتحدة. نتج عن هذه المخططات نقص كبير في عدد أسماك السلمون وأسماك التروت القزحية، وفي المصادر الحيوية التي تعيش وتتكاثر في هذه المناطق من النهر.

طور مجلس تخطيط الطاقة برامج لحماية الأسماك والحياة البرية وإعادة تأهيلها، من هذه الإجراءات تخفيض سعات محطات توليد الطاقة المقامة على النهر وزيادة جريان الماء في الأوقات الحرجة. وأنفقت إدارة الطاقة في بونفيل، وهي تعتبر إحدى هيئات توليد الطاقة الأساسية في المنطقة، ما يقارب 3,4 مليارات دولار على حماية الأسماك والحياة البرية (متضمناً الخسائر الناتجة عن تعديل عمل السد)، وذلك خلال الفترة 1982–1999. بينما يبدو أن إعادة أسماك السلمون، وأسماك التروت القزحية إلى وضعها الأصلي أمر من الصعب تحقيقه، والمنطقة ملتزمة بتحقيق التوازن بين إنتاج الطاقة، وحفظ الطاقة وحماية المصادر الطبيعية، وإعادة تأهيلها، فقد لعب التخطيط المتكامل للمصادر دوراً كبيراً في تحقيق هذا الهدف.

المصدر: NPPC 1998, 2001, Wilkinson 1992.

تعتبر مدينة فريبرج Freiburg الألمانية مثالاً آخر على التخطيط المتكامل لاستخدام الأرض والنقل مدعوماً بسياسات أخرى لتعزيز النقل الشخصي الرشيد. وحافظت مدينة فريبرج على نموها بشكل مدروس، وقلصت من النمو العشوائي، ومنعت دخول السيارات الخاصة إلى مركز المدينة التجاري، ورفعت رسوم مواقف السيارات، وأدخلت ممراً رخيصاً للنقل العام، وحسنت شبكة النقل العام. ولذلك تضاعف عدد مستخدمي النقل العام بين عامي 1983 و1995، وبلغت نسبة الرحلات التي تتم بالنقل العام أو بالدراجات الهوائية أو سيراً على الأقدام حوالي 60٪ من إجمالي الرحلات منذ عام 1992 (FitzRoy and Smith 1998).

أما في مدينة ستوكهولم في السويد فقد أُسس نظام نقل عام بالتنسيق مع التخطيط الأمثل لاستخدام الأرض، ووضعت التوسعات الجديدة للمدينة بالقرب من خطوط السكك الحديدية، وزيد رسم مواقف السيارات داخل مركز المدينة، ونتيجة لذلك فإن نصف العمال السويديين يتنقلون باستخدام الحافلات أو القاطرات، وانخفض استخدام السيارات بالنسبة للشخص الواحد خلال الفترة 1980–1990 (Tellus Institute 1999) وتحقق ذلك في مدينة تتمتع بالثراء وبمعدل عال لملكية السيارات.

الخلاصة

في هذا الفصل كانت مراجعة مختلف أشكال السياسات التي يمكن اللجوء إليها للتغلب على العقبات التي تعترض تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، وكما هو مبين في الجدول (3-9) لكل عائق سياسة مناسبة للتعامل معه.

إن الخبرة المتراكمة من تطبيق هذه السياسات، سواء في الدول الصناعية أو النامية، تعطينا عدداً من الدروس الشاملة التي يمكن تلخيصها حسب نوع كل سياسة:

1. البحث والتطوير والتوعية: يعتبر البحث والتطوير والتوعية والدعم الحكومي لها من السياسات المهمة لدفع تقنيات تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة نحو الأمام. وتميل هذه السياسة لتصبح أكثر فاعلية عندما تتضمن تعاوناً أكبر بين مراكز الأبحاث والقطاع الخاص، حينما يترافق ذلك مع سياسات أخرى كالحوافز المالية، واحتياطيات السوق والقواعد التنظيمية، ويتم التركيز على نطاق واسع من التصاميم. إضافة إلى ذلك فإن التعاون الدولي الواسع في مجال البحث والتطوير والتوعية في تقنيات الطاقة النظيفة، وبخاصة بين الدول الصناعية والنامية، سيؤدي إلى آثار إيجابية متعددة، منها المشاركة في تحمل الكلفة والمخاطرة معاً، وتسريع عملية التعليم، ونشر تقنيات الطاقة النظيفة في العالم على نطاق واسع.

الجدول (3-9)

العقبات والسياسات اللازمة للتغلب عليها

البنية التحتية المحدودة البحث والتطوير والتوعية القواعد التنظيمية المشتريات التزامات السوق تنمية القدرات	إجراءات الشراء التمويل الحوافز المالية نشر المعلومات والتدريب الاتفاقيات الطوعية القواعد التنظيمية المشتريات
مشكلات الجودة البحث والتطوير والتوعية القواعد التنظيمية نشر المعلومات والتدريب تنمية القدرات	عقبات الأسعار والضريبة الحوافز المالية التسعير القواعد التنظيمية
نقص المعلومات والتدريب نشر المعلومات والتدريب تنمية القدرات المصالح المتعارضة الحوافز المالية القواعد التنظيمية تقنيات التخطيط	العقبات التنظيمية والمؤسسية التسعير القواعد التنظيمية إصلاحات السوق إلزام السوق تقنيات التخطيط
سوء توجيه الحوافز الحوافز المالية القواعد التنظيمية تقنيات التخطيط	العقبات السياسية القواعد التنظيمية إلزام السوق تقنيات التخطيط
نقص التمويل التمويل الحوافز المالية	

2. التمويل: يساعد التمويل، وبخاصة في الدول النامية، في نشر تقنيات تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، ويجب إعداد برامج التمويل لدعم قطاع الأعمال في

مجال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، مثل شركات خدمات الطاقة أو المقاولين العاملين في مجال الطاقة الشمسية. ويجب أن تهدف برامج التمويل أيضاً إلى خفض الكلف العملياتية، ودعم المنتجات العالية الجودة، وأن تعمل هذه البرامج ضمن القنوات المالية المتوافرة، كالبنوك التجارية وتعاونيات الإقراض الريفية، كلما كان ذلك ممكناً. ويعتبر التمويل من دون سياسة دعم الأسعار سياسة حيوية على المدى الطويل، لكن تحتاج الفئات ذات الدخول المتدنية إلى دعم لتتحمل تقنيات الطاقة النظيفة، ويصبح التمويل أكثر فاعلية حينما يترافق وسياسات أخرى، كالحوافز المالية، وإنشاء بنية تحتية للتسويق والتسليم والتخديم.

3. الحوافز المالية: يمكن للحوافز المالية التي تقدمها الحكومة أو مؤسسات الطاقة أن تكون أداة فعالة لتحفيز استخدام تقنيات تحسين كفاءة الطاقة وتبنّي الطاقة المتجددة. يجب تقديم هذه الحوافز استناداً إلى الوفر المتحقق، أو حسب كمية الطاقة الناتجة من أنظمة الطاقة المتجددة، ولكن ليس على الاستثمارات. ويجب أن يستمر ذلك لعدد من السنوات حتى يتم بناء السوق وخفض الكلفة بعد ذلك، ويمكن للحوافز المالية أن تتناقص مع انخفاض الكلفة وزوال العقبات الأخرى. كما يمكن استخدام الحوافز المالية لتعزيز الاستغلال التجاري وفتح أسواق للتقنيات المبتكرة، لكن يجب أن يراعى أثناء إعداد الحوافز المالية في الدول النامية أن يجري دعم التصنيع والتسويق المحلي لتقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

4. التسعير: إن فرض ضرائب على الوقود الأحفوري بما يتناسب وكلفتها الاجتماعية والبيئية من شأنه أن يزيد من كفاءة الطاقة، ويقلل من استخدامها، ويساعد على إدخال مصادر الطاقة المتجددة. إن فرض ضرائب على المحتوى الكربوني للوقود الأحفوري يمكن أن يكون سياسة فعالة إذا كانت الضريبة كبيرة بشكل كاف، وإذا استُخدم جزء منها حوافز لتقنيات تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة. من الضروري أيضاً أن يحدث تقليص أو إلغاء الدعم المقدم لقطاع الوقود التقليدي في

الدول التي مازال موجوداً فيها، ويجب أن يجري ذلك من دون المساس بذوي الدخول المتدنية. ومن الوسائل التي تدعم تبني تقنيات الطاقة المتجددة دفع قيمة النفقات التي يتم توفيرها إلى مصادر الطاقة المتجددة، أو بيع الطاقة العائدة منها إلى الشبكة الكهربائية بأسعار التجزئة. وتعتبر الضريبة التمايزية المرتكزة على الكفاءة النسبية لمختلف النشاطات والمنتجات واعدة، لكنها لا تستخدم بالشكل المطلوب ضمن إطار سياسة الطاقة.

5. الاتفاقيات الطوعية: تعتبر الاتفاقيات الطوعية بين الحكومات والقطاع الخاص إحدى الاستراتيجيات الفعالة لتحسين كفاءة الطاقة، ويبلغ تأثير هذه الاتفاقيات أوجَه حينما تخشى الصناعة من فرض ضرائب عليها في حالة عدم تحديد هدف محدد في مجال تحسين كفاءة الطاقة ومن ثم تحقيقه، وفي حالة فرض تشريعات عليها أو حينما تخضع للمراقبة والتقويم، أو عند تقدير ومكافأة الشركات التي تحقق نتائج باهرة. بدأت بعض البلديات والولايات في تبني التزامات طوعية لتقنيات تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، وتبلغ هذه الالتزامات أقصى مدى لها حينما تترافق وسياسات محددة مثل التمويل، والحوافز، والقواعد التنظيمية.

6. القواعد التنظيمية: تحفز القواعد التنظيمية معايير تحديد الكفاءة الدنيا التي توضع للأجهزة الكهربائية، والسيارات والأبنية إجراء تحسينات كبيرة على كفاءة الطاقة على نطاق واسع. وتشير التجارب في مختلف أنحاء العالم أنه للمحافظة على قوة هذه المعايير، فإنه من الضروري تحديثها دورياً، والمتابعة الحثيثة لتطبيقها، وبخاصة كود الطاقة في المباني الجديدة، إضافةً إلى أن معايير الأداء المعقولة يمكن أن تطور مواصفات تقنيات الطاقة المتجددة مثل الأنظمة الكهرضوئية المنزلية.

7. نشر المعلومات والتدريب: تساعد عملية نشر المعلومات والتدريب في معالجة بعض العقبات التي تحد من تبني إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، واتباع

أنظمة لصاقات توصيف أداء المنتجات من حيث الطاقة سيكون له أثر إيجابي كبير في إرشاد المستهلك إلى الأجهزة ذات الكفاءة العالية، بينما يلعب التدريب دوراً أساسياً في تأكيد أن أنظمة تحسين كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة قد رُكّبت واستخدمت بالشكل الأمثل. وتؤدي سياسة نشر المعلومات والترويج دوراً مهماً في رفع مستوى الوعي لتبني الطاقة المتجددة، لكن هذه السياسة تصبح أكثر جدوى حينما يتم توجيهها نحو صانعي القرار، في الوقت الذي يكون هؤلاء على وشك اتخاذ قرار لشراء تجهيزات معينة أو إنشاء مبنى جديد، وفي حالة مواكبتها لسياسات أخرى مثل التمويل، والحوافز المالية، والاتفاقات الطوعية، والقواعد التنظيمية.

8. المشتريات: تساعد المشتريات التي تقودها الحكومة في الاستغلال التجاري وبناء السوق للتقنيات المبتكرة في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. وجرى استخدام المشتريات الحكومية حتى الآن في شراء التقنيات ذات الكفاءة العالية، لكن مؤخراً بدأت الحكومات في شراء كميات كبيرة من تقنيات الطاقة المتجددة والطاقة الخضراء. ويجب أن تتم المشتريات الحكومية بحيث تدعم إنشاء أسواق نشطة لهذه التقنيات على المدى الطويل (بالعمل مع البائعين وإلغاء دعم الأسعار تدريجياً).

9. إصلاحات السوق: إن خصخصة مؤسسات الطاقة وزيادة المنافسة يمكن أن تؤدي إلى تحسين كفاءة الطاقة، وخفض الانبعاثات في قطاع إمدادات الطاقة الكهربائية. لكن من غير المحتمل أن تؤدي عملية إعادة الهيكلة لقطاع مؤسسات الطاقة إلى تحسين كفاءة الطاقة عند المستخدم النهائي، أو التوسع في استخدام الطاقة المتجددة، أو إيصال الكهرباء إلى أكبر عدد ممكن من السكان. لابد من سياسات أخرى لتلبية هذه الاحتياجات تشمل سياسة الالتزام بالطاقة المتجددة، وتشجيع تسويق الطاقة الخضراء، وتقديم حسومات على أسعار الطاقة للعائلات الفقيرة، وتضمين أسعار التجزئة للطاقة الكهربائية رسوماً بسيطة يعود ريعها لتمويل تحسين كفاءة الطاقة والنشاطات المتعلقة بالطاقة النظيفة الأخرى. إضافةً إلى ذلك فإن التعاونيات

الكهربائية الريفية، والتسهيلات المقدمة للطاقة الشمسية، تعد من أنماط استراتيجيات السوق الواعدة لتوسيع خدمات الطاقة الكهربائية في الريف، من دون أن يترافق ذلك مع آثار سلبية على البيئة.

10. التزامات السوق: إن فرض قيود على السوق سيؤدي إلى زيادة انتشار مصادر الطاقة المتجددة وتقنيات تحسين كفاءة الطاقة. وبشكل خاص أدى تطبيق نظام معيار محفظة الطاقة المتجددة إلى التوسع في استخدام الطاقة المتجددة في قطاع الكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية وفي بلدان أخرى. ويكون الحصول على تقنيات الطاقة المتجددة على أساس تنافسي، وبالتالي خفض كلفة الطاقة الكهربائية الواردة من مصادر متجددة. وقد بدأت بعض البلدان الأوربية فرض تحقيق وفورات بالطاقة على شركات إمداد الطاقة، وتستحق هذه السياسة اهتماماً كبيراً، وبخاصة أن الجهود الأوربية الرائدة في هذا المجال قد تكللت بالنجاح. ويمكن استخدام هذه السياسة في تحفيز الإنتاج التجاري والتسويق لتقنيات مبتكرة في السيارات أو الوقود المستخرج من مصادر متجددة. ويمكن لبرامج مثل نظام تحديد سقوف للانبعاثات والتبادل التجاري لها أن تحفز أيضاً تحسين كفاءة الطاقة ونشر استخدام الطاقة المتجددة، وذلك إذا ما أحسن إعدادها.

11. تنمية القدرات: إن عملية تنمية القدرات ضرورية جداً لنشر استخدام تقنيات الطاقة النظيفة على نطاق واسع. ولابد من وجود مراكز لتحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة على المستويين الوطني والمحلي. إن عملية تنمية القدرات ضرورية لتهيئة الكوادر وتدريب الشركات الخاصة التي تنتج وتسوق وتقدم خدمات لهذه التقنيات، ويجب أن تعطى لعملية تنمية القدرات أولوية أكبر ضمن إطار برامج المساعدات في مجال مشاريع الطاقة في الدول النامية والمتحولة.

12. تقنيات التخطيط: يمكن أن يساعد التخطيط المعد بعناية في مجال الطاقة والنقل، الدول والمناطق والمدن على التحرك نحو مستقبل مستدام. ويساعد التخطيط المتكامل

للمصادر على تحديد المجموعة المثلى من الاستثمارات في جانبي الطلب والعرض، لتلبية احتياجات الطاقة المستقبلية، ويمكن أن يتضمن أيضاً اعتبارات بيئية. وغالباً ما يؤدي إلى زيادة الاستثمارات في مجال تحسين كفاءة الطاقة. ويساعد التخطيط المتكامل لاستخدام الأرض والنقل على توسيع نظام النقل العام، حيث تُنشأ التجمعات السكنية والأبنية التجارية بالقرب من خدمات النقل العام، ويُخفَّف من التوسع العشوائي للمدن، إضافة إلى الوفر في الوقود وتحقيق فوائد أخرى.

غالباً ما يتبين من مراجعة السياسات، بشكل منفرد، أن فعالية هذه السياسات تزداد إذا ما طبِّقت كمجموعة متكاملة، وتبدو هذه النتيجة مفهومة إذا أخذنا بالاعتبار تنوع العقبات الموجودة في معظم الدول والأسواق. يبين الفصل الرابع أمثلة من مختلف أنحاء العالم، حيث تكاملت السياسات المختلفة لتصبح استراتيجيات ناجحة للتغيرات الهيكلية في السوق.

الفصل الرابع

تحولات السوق

جرى خلال العقد الماضي تطوير واختبار وتقويم اقتراب تحول السوق في حقل تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. تهدف استراتيجية تحول سوق هذه إلى إزالة العقبات التي تقف حجر عثرة أمام تحول دائم للسوق، ويمكن تحديد آثار هذه السوق من خلال حجم المبيعات أو الحصة في السوق التي تأخذها المنتجات ذات الكفاءة العالية وتقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. إن الآثار المتوسطة مهمة أيضاً: كالتوافر المتزايد للتقنيات المطلوبة، أو تحقيق متطلبات الأداء المحددة مسبقاً، أو الوصول إلى الغايات المنشودة في مجال تخفيض الكلفة، لكن يظل الهدف النهائي هو جعل كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة واستخدامها أمراً اعتيادياً، وذلك من خلال تدخل متناغم في السوق (Eto, Prahl and Schlegel 1996, Geller and Nadel 1994).

تتوافق تحولات السوق ومفهوم تراكم المعرفة التقنية والعلمية، ويبيّن هذا المفهوم أن كلفة إنتاج تقنية معينة تنخفض مع تراكم خبرة المنتجين (IEA 2000e, McDonald and Schrattenholzer 2001). تساعد التدخلات السياسية في التخلص من العقبات التي تحول دون تبني التقنيات الجديدة وبالتالي زيادة مبيعاتها، وهذا يؤدي إلى خفض كلفة وحدة الإنتاج. ومما لا شك فيه أن هذا يعطي إشارةً إيجابية تساعد في إحداث نمو كبير في السوق.

يمكن لبعض النشاطات مثل البحث والتطوير والتوعية أن تساعد في زيادة معدل التعلم، الذي يعرّف على أنه النسبة المئوية لانخفاض الكلفة عند كل مضاعفة للإنتاج.

وتميل معدلات التعلم هذه إلى الارتفاع خلال فترات الهزات أو الاضطرابات الاقتصادية، حينما يزداد عدد المنتجين من ذوي الأسعار المنخفضة وتنخفض الأسعار بشكل كبير أو عند تحقيق اختراق تقني (IEA 2000e). ويبين الجدول (4-1) معدلات التعلم العملية لبعض تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، حيث يبلغ متوسط معدل التعلم حوالي 20٪ لخمس تقنيات.

الجدول (4-1)

معدل التعلم لتقنيات الطاقة النظيفة

التقنية	البلد أو المنطقة	الفترة الزمنية	معدل التعلم (٪)
وحدة الطاقة الكهرضوئية الشمسية	الولايات المتحدة، اليابان	1995-1981	20
أنظمة الطاقة الكهرضوئية الشمسية	أوربا	1995-1985	35
طاقة الرياح	الدنمارك	1997-1982	8
طاقة الرياح	كاليفورنيا	1994-1980	18
وقود الإيثانول	البرازيل	1995-1979	20
أجهزة الفلوريسنت المدمجة	الولايات المتحدة	1998-1992	16
التربينات الغازية، محطات التوليد العاملة على الدارة المركبة	العالم	1997-1991	26

ملاحظة: يعرّف معدل التعلم على أنه متوسط معدل انخفاض الكلفة لكل تضاعف تراكمي في الإنتاج.

المصدر: McDonald and Schrattenholzer 2001, Nakicenovic, Grubler and McDonald 1998 IEA 2000e,.

يستعرض هذا الفصل عشر حالات عملية لنشر تقنيات تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة على نطاق واسع، حيث أثمرت بعض هذه الجهود في إجراء تحولات في السوق، وتحقيق دعم ذاتي لتبني تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، بينما مازالت بعض الجهود في منتصف الطريق برغم كونها قد أحدثت تغيرات كبيرة في السوق.

لقد نظِّمت الحالات الدراسية هذه استناداً إلى الموضوع والحجم، والبدء بجهود تحسين كفاءة الطاقة على المستوى الوطني، ثم الانتقال إلى جهود تحسين كفاءة الطاقة على مستوى القطاعات أو الولايات، ثم الانتقال نحو الطاقة المتجددة. وتمثل الحالة الأخيرة عملية الانتقال نحو الغاز الطبيعي في توليد الطاقة الكهربائية على المستوى القومي.

الصين: البرنامج الوطني لتحسين كفاءة الطاقة

عانت الصين هدراً كبيراً في الطاقة في ستينيات وسبعينيات القرن الماضي. وللتصدي لذلك أطلقت في بدايات الثمانينيات برنامجاً وطنياً لتحسين كفاءة الطاقة، وذلك بغية تخفيض الاستثمارات اللازمة لمواكبة التوسع الكبير في الطلب على الطاقة، ولمنع مشكلة الطاقة من أن تكبح عجلة النمو الاقتصادي في البلاد.

ركَّز البرنامج على القطاع الصناعي، وتضمن عدداً من الآليات لتحقيق الأهداف المطلوبة، من هذه الآليات: القواعد التنظيمية، ونظام لمراقبة المنشآت الصناعية، وبرامج لتمويل عمليات تحسين كفاءة الطاقة، ودعم عملية البحث والتطوير والتوعية (الجدول 4-2). وضمن هذا الإطار جرى تأسيس دوائر مختصة لإدارة الطاقة في كل المؤسسات الرئيسية التي تستخدم الطاقة، وبحلول عام 1983 بلغ معدل الإنفاق على إجراءات تحسين كفاءة الطاقة ما يعادل 10٪ من مجمل الاستثمارات المتعلقة بالطاقة، ونتج عن ذلك انخفاض نمو الطلب على الطاقة بمعدل نصف النمو الاقتصادي بين عامي 1981 و1986 (Sinton, Levine, and Quingyi 1998).

وفي نهاية الثمانينيات جرى تبني سياسات إضافية أخرى؛ شملت تأسيس أكثر من 200 مركز لتحسين كفاءة الطاقة على المستويين المحلي والإقليمي، ووضع معايير لاستخدام الطاقة في المراجل والأفران، وتسهيل الحصول على قروض لتحسين كفاءة الطاقة، والسماح للشركات بالاحتفاظ بالمكاسب المالية الناتجة عن مشاريع تحسين كفاءة

الطاقة. واتخذت الخطوات اللازمة لتحسين كفاءة محطات توليد الطاقة (من خلال بناء محطات أكبر وأكثر كفاءة).

لقد تميز هذا البرنامج الشامل لتحسين كفاءة الطاقة بنجاح كبير، وكما يتبين من الشكل (4-1) فقد انخفضت كثافة الطاقة في الصين بأكثر من 50٪ في الفترة 1980- 1997 (Zhang 1999).[1] وازداد استخدام الطاقة، وارتفعت انبعاثات الكربون إلى أكثر من الضعف خلال نفس الفترة، وذلك بسبب النمو السكاني ومعدلات النمو الاقتصادي العالية، إضافة إلى تحسن مستوى الحياة والرفاهية. من جهة أخرى كان استهلاك الطاقة والانبعاثات في الصين سيصل إلى مستويات قياسية لولا هذا البرنامج.

الجدول (4-2)

السياسات التي أقرت في الصين لتحفيز تحسين كفاءة الطاقة

- إنشاء صندوق الاستثمار الوطني لتحسين كفاءة الطاقة وتقديم قروض ميسرة.
- إنشاء دوائر لإدارة الطاقة، وأنظمة لمراقبة استهلاك الطاقة في المنشآت الصناعية الضخمة.
- سنّ قواعد تنظيمية متعلقة بتحديد حصص محددة من إمدادات الطاقة، وشراء الأجهزة ذات الكفاءة العالية، والتخلص من الأجهزة البالية.
- دعم البحث والتطوير والتوعية في مجال الطاقة.
- إنشاء مؤسسات تابعة لهيئة تخطيط الدولة تقوم بالتنسيق والإشراف على برامج وسياسات تحسين كفاءة الطاقة.
- تشجيع توليد الكهرباء باستخدام الدارة المركبة في الصناعة.
- تطوير معايير لكثافة الطاقة للمراجل الصناعية والأفران وغيرها.
- تأسيس مراكز لتحسين كفاءة الطاقة على المستويين المحلي والإقليمي.
- تقديم حوافز مالية للشركات اعتماداً على الوفورات المتحققة.

المصدر: Sinton, Levine, and Quingyi 1998.

يعود الفضل جزئياً في تخفيض كثافة الطاقة إلى تحولات هيكلية في الصناعة، حيث كان الانتقال من الإنتاج البسيط إلى المنشآت الصناعية الكبيرة، لكن الجدير بالملاحظة أن معظم هذا التقدم يعود إلى تحسينات تقنية (Sinton, Levine, and Quingyi 1998).

الشكل (4-1)

منحنى كثافة الطاقة الإجمالية في الصين

المصدر: Zhang 1999.

على سبيل المثال، انخفض استخدام فرن المجمرة المكشوفة open-hearth furnace المتدني الكفاءة في إنتاج الفولاذ من 50٪ من مجمل الإنتاج عام 1970 ليصل إلى 15٪ عام 1995، ونجم عن ذلك انخفاض متوسط معدل كثافة الطاقة في إنتاج الفولاذ بنسبة 20٪ (Phylipsen et al. 1999). وبالمثل، انتهى استخدام العملية الرطبة غير الفعالة في إنتاج الأسمنت عام 1990، ما أدى إلى تخفيض متوسط معدل كثافة الطاقة في صناعة الأسمنت بنسبة 18٪ خلال أعوام 1980-1994 (Phylipsen et al. 1999).

مازالت الصين تتبع السياسات التي تحفز تحسين كفاءة الطاقة والتي تشمل: تقليص الدعم الحكومي لأسعار الطاقة، حيث ارتفعت أسعار المشتقات النفطية بما يعادل أربعة

أضعاف، والفحم بثلاثة أضعاف في أعوام 1990-1997 (Sinton and Fridley 2000). وأطلقت الصين أيضاً البرنامج الوطني لتحسين كفاءة أنظمة الإنارة عام 1997، حيث ساهم هذا البرنامج في نشر الوعي لمزايا هذه الأنظمة، وأدى ذلك إلى زيادة كبيرة في إنتاجها واستخدامها، كأجهزة الفلوريسنت المدمجة، ومصابيح الفلوريسنت العالية الأداء والمحولات (Nadel et al. 1999).

من جهة أخرى صدر عام 1997 قانون حفظ الطاقة، ويدعو إلى مزيد من الجهود لإدارة الطاقة بشكل فعال في قطاع الصناعة، مثل نظام لصاقات توصيف الأداء الطاقي، ووضع المعايير لتحسين كفاءة الطاقة للأجهزة التي تنتج بالجملة، وإنشاء كود الطاقة للمباني، وحوافز مالية أخرى (Sinton, Levine, and Quingyi 1998). ويعطي القانون الأساس اللازم للمحافظة على استمرار التحسينات في كفاءة الطاقة. ولكن لابد من تطوير القواعد التنظيمية المناسبة لتنفيذ هذا القانون. إضافةً إلى ذلك فقد شرعت الحكومة الصينية في تنفيذ مشاريع محددة لتحسين كفاءة البرادات والمراجل والمحركات (Martinot and McDoom 2000, Nadel et al. 2001).

إن أحد العوامل المهمة التي ساهمت في هذا التخفيض الدراماتيكي لكثافة الطاقة في الصين خلال العشرين سنة المنصرمة، تحسين كفاءة توليد الطاقة. على سبيل المثال، جرى في قطاع توليد الطاقة في أقليم جاندونج Guandong الذي يشهد نمواً سريعاً تحقيق تحسن كبير على صعيد كفاءة محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم خلال الفترة 1990-1998، برغم أن بعض المحطات الصغيرة التي لا تتمتع بالكفاءة اللازمة مازالت في الخدمة (Zhang, May, and Heller 2001). من جهة أخرى، أعاقت بعض السياسات الحكومية هذا التوجه، كصعوبة الحصول على التراخيص اللازمة لإقامة محطات توليد الطاقة الكبيرة، والوقت الكبير الذي تستغرقه، إضافةً إلى اعتماد نظام تسعير للطاقة الكهربائية يعتمد سعر التكلفة مضافاً إليه هامش ربح محدد، ونتج عن ذلك تحسن بطيء في كفاءة توليد الطاقة من دون الوصول إلى المستوى الممكن تحقيقه.

تُظهر الأرقام الرسمية أن استهلاك الطاقة الإجمالي في الصين قد انخفض بين عامي 1998 و1999 برغم استمرار النمو الاقتصادي، حيث انخفض استهلاك الطاقة الإجمالي عام 1999 بمعدل 15٪ عما هو عليه عام 1996-1997، ويعود هذا الانخفاض في استخدام الطاقة كقيمة مطلقة إلى جملة من الأسباب؛ منها: تحسين مواصفات الفحم (ما أدى إلى زيادة كفاءته، وإغلاق محطات توليد الطاقة الصغيرة ذات الكفاءة المنخفضة، والتجاوب مع ارتفاع أسعار الطاقة، وإجراء تغيرات هيكلية في قطاع الصناعة، والتحول نحو المنشآت الصناعية الكبيرة، والمضي قدماً نحو استخدام الطاقة النظيفة ذات الكفاءة العالية في القطاع السكني (Sinton and Fridley 2000). ويمكن أن يعزى هذا الانخفاض الحاد في استخدام الطاقة أيضاً، وطبقاً للمصادر الرسمية في الصين ولو بشكل جزئي، إلى عدم دقة هذه البيانات. لكن الشيء المؤكد أن كثافة الطاقة في الصين تستمر في الانخفاض وبسرعة، إضافةً لذلك فإن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الفعلية والناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري قد انخفضت تقريباً بما يعادل 9٪ في الفترة 1996-2000 (Streets et al. 2001).

بإيجاز، يمكن القول إن الصين نجحت في تخفيض كثافة الطاقة خلال العشرين عاماً الماضية وبشكل كبير. ويعود السبب في هذا الإنجاز بشكل جزئي إلى تغيرات هيكلية، وإلى عملية التحديث، لكن الأسباب الرئيسية التي تقف وراء ذلك هي تقنية بطبيعتها. هناك بعض السياسات الشاملة التي انتهجتها الصين، والتي أدت دوراً مهماً في تحقيق هذا الإنجاز، مثل التخفيضات الكبيرة على دعم أسعار الطاقة، والحوافز المالية، والبحث والتطوير والتوعية، والتعليم والتدريب، ومبادرات نقل التقنيات. وقد أكدت الصين التزامها الثابت في تحقيق المزيد في مجال تحسين كفاءة الطاقة وتخفيض الهدر.

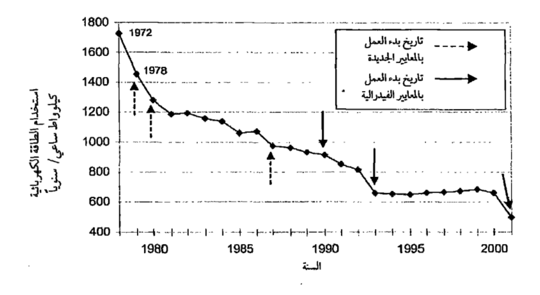
الولايات المتحدة الأمريكية: تحسين كفاءة الآليات والأجهزة الكهربائية

لقد طرأ تحسن كبير على كفاءة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الثلاثين عاماً الماضية على صعيد الأجهزة المنزلية، كالبرادات والمجمِّدات والمكيفات والغسالات

وأجهزة التدفئة. فعلى سبيل المثال، كان متوسط استهلاك البراد سنوياً من الطاقة الكهربائية عام 1972 حوالي 1725 كيلوواط ساعي، وهبط عام 2001 إلى ما يقارب 500 كيلوواط ساعي (الشكل 4-2). لقد جرى تحقيق هذا التخفيض في استخدام الطاقة برغم زيادة سعة البراد وتحسن مواصفاته الفنية الأخرى (Geller and Goldstein 1998). والشيء ذاته ينطبق على كثير من الأجهزة، حيث تحسنت كفاءة وحدات التكييف المركزية بنسبة 54٪ والمكيفات المنزلية بنسبة 55٪ ما بين بداية السبعينيات ونهاية التسعينيات.

الشكل (4-2)

متوسط استهلاك البرادات الأمريكية الحديثة من الطاقة الكهربائية



المصدر: Geller and Goldstein 1998, Nadel 2002.

لقد ساعد التمويل الحكومي للبحث والتطوير والتوعية المصنِّعين في تطوير منتجات ذات كفاءة عالية (NAS 2001a). ومن الأمور التي ساعدت أيضاً في رفع وعي المستهلك وتحفيزه لاستخدام المنتجات ذات الكفاءة العالية: تبني نظام لصاقات توصيف الأداء الطاقي للمنتجات ذات الكفاءة العالية، وبرامج الحوافز المقدمة من مؤسسات الطاقة (Geller and Nadel 1994). لكن تطبيق معايير كفاءة الطاقة على مستوى الولايات ثم

على المستوى القومي كان له أثر بالغ في تحقيق قفزات كبيرة في مجال تحسين كفاءة الطاقة لكافة الأجهزة الحديثة. لقد جرى تطبيق معايير كفاءة الطاقة الوطنية من القوانين التي تم تبنيها في الأعوام 1987، 1988، 1992 (Geller 1997, Nadel 2002).

برغم أن هذه القوانين قد حددت قيماً مبدئية لمعايير كفاء الطاقة، فإنها وجهت وزارة الطاقة لتقوم بمراجعة هذه المعايير دورياً، لتبني معايير أكثر صرامة، فيما إذا وجدت أن لذلك جدوى تقنية واقتصادية. لقد جرى تحديث معايير كفاءة الطاقة للبرادات مرتين (الشكل 4–2)، وكذلك تبني معايير جديدة للمحولات المستخدمة في أجهزة إنارة الفلوريسنت عام 2000، ثم تبعتها معايير أخرى لسخانات المياه وغسالات الملابس وأجهزة التكييف المركزي. وتبنت وزارة الطاقة في الولايات المتحدة نسخة أحدث لمعايير كفاءة الطاقة لأجهزة التدفئة المنزلية، والمراجل، وأنظمة التكييف التجارية، اعتباراً من عام 2002 (Nadel 2002).

ونتيجة لتطبيق معايير كفاءة الطاقة للتجهيزات المختلفة، يقدَّر أن استخدام الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة قد انخفض بمقدار 88 تيراواط (5.2٪) عام 2000 (الجدول 4–3)، ويتوقع أن تزداد الوفورات لتقارب 235 تيراواط (6.5٪) عام 2010 بسبب دخول معايير أخرى موضع التطبيق الفعلي، ودوران مخزون المنتجات الحالية.

لقد أدى تطبيق هذه المعايير إلى زيادة طفيفة في الكلفة الأولية للمنتجات الجديدة، لكن الوفورات المتحققة خلال فترة عملها ستتجاوز ارتفاع الكلفة الأولية، وبهامش كبير (Nadel 2002). ويقدر حجم الوفورات الصافية التي يجنيها المستهلك من خلال تطبيق معايير كفاءة الطاقة على التجهيزات المختلفة خلال الفترة 1990–2030 بما يعادل 186 مليار دولار (Geller, Kubo and Nadel 2001). إضافةً إلى ذلك يقدر أن هذه المعايير ستخفض الانبعاثات الكربونية بما يعادل 61 مليون طن متري بحلول عام 2010.

الجدول (4-3)

وفورات الطاقة وانخفاض الانبعاثات الكربونية الناتجة عن تطبيق معايير كفاءة الطاقة للأجهزة المنزلية في الولايات المتحدة الأمريكية

	تاريخ بدء العمل	وفورات الطاقة الكهربائية (TWh/yr)		وفورات الطاقة الأولية (quads/year)		الانبعاثات الكربونية التي تم تجنبها (MMT/yr)	
المنتج		2000	2010	2000	2010	2000	2010
الأجهزة المنزلية الرئيسية	1987	8	41	0.21	0.55	3.7	10.0
محولات مصابيح الفلوريسنت	1988	18	23	0.21	0.27	4.4	5.0
تحديث معايير التجهيزات المنزلية	1991/1989	20	37	0.23	0.43	4.8	8.1
المصابيح، المحركات، أنظمة التدفئة والتكييف التجارية	1992	42	110	0.59	1.51	11.8	27.5
تحديث معايير البرادات والمكيفات المنزلية	1997	—	15	—	0.14	—	3.2
تحديث معايير المحولات	2000	—	6	—	0.06	—	1.3
تحديث معايير غسالات الملابس وسخانات المياه	2001	—	10	—	0.19	—	3.6
تحديث أنظمة التكييف المركزي والمضخات الحرارية	2001	—	11	—	0.11	—	2.3
المجموع	—	88	253	1.2	3.3	25	61

ملاحظات: TWh = تيراواط ساعي، quad = كوادريليون وحدة حرارية بريطانيةBtu ، MMT = مليون طن متري.
المصدر: Geller, Kubo, Nadel 2001.

دعم صانعو التجهيزات إقرار حدود دنيا لمعايير كفاءة الطاقة على المستوى القومي كبديل عن خليط المعايير الذي كان سائداً على مستوى الولايات المختلفة في الثمانينيات، ومن خلال المفاوضات التي جرت بين مصنعي الأجهزة المنزلية وأنصار كفاءة الطاقة في مناسبات عديدة، كان الاتفاق على هذه المعايير الموحدة. فعلى سبيل المثال، اعتمدت معايير جديدة لكفاءة الطاقة فيما يخص غسالة الملابس، للعمل بها على مرحلتين تبدأ بين عامي 2004 و2007، ومنح ذلك المصنعين الوقت الكافي لتطوير وتصنيع منتجاتهم والالتزام

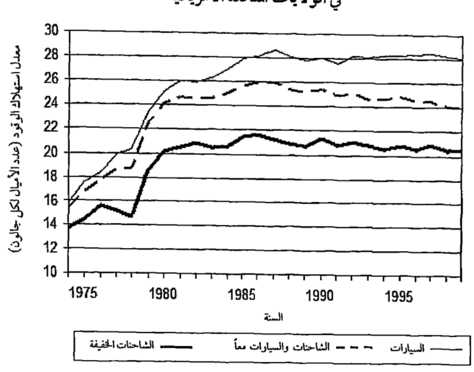
بالمعايير الجديدة الموضوعة؛ بل إن بعض المصنعين قد ذهبوا أبعد من ذلك في تأييد تبني معايير أكثر صرامة. لقد مكنت هذه المعايير المصنعين من إنتاج وبيع منتجات ذات مواصفات وقيمة عالية. ومن جهة أخرى أجبرت هذه المعايير المصنعين كافة بتحقيق نفس الحد الأدنى لكفاءة الطاقة الواردة في المعايير.

في بعض الحالات مهّدت برامج الحوافز المقدمة من قبل مؤسسات الطاقة الطريق لاعتماد معايير حديثة وأقوى لكفاءة الطاقة، وهذا ما حدث حينما اتفقت 24 مؤسسة لتوليد الطاقة على الإشراف على تطوير البراد الفائق الأداء، حيث قدمت حوافز تعادل 30 مليون دولار للطرازات العالية الأداء، وتنافس المصنعون لتطوير البراد الفائق الأداء، وقدّم الحافز للمصنِّع الفائز اعتماداً على المبيعات المتحققة. وساهم المنتَج الفائز بشكل جزئي في وضع الأساس لمعايير كفاءة الطاقة على المستوى القومي في المستقبل (Nadel 2002). وساهمت الحوافز على المستوى الإقليمي وحوافز مؤسسات الطاقة في تأسيس أسواق مبكرة لغسالة الملابس ذات الكفاءة العالية من حيث استخدام الطاقة والماء (Suozzo and Thorne 2001).

تبنت الولايات المتحدة الأمريكية معايير لكفاءة الطاقة في السيارات والشاحنات الخفيفة، والتي تسمى المعايير العامة لمتوسط معدل كفاءة الوقود عام 1975، لقد كان لهذه المعايير الفضل في مضاعفة متوسط معدل كفاءة الوقود في السيارات الحديثة، ووصلت التحسينات بالنسبة للشاحنات الخفيفة إلى حوالي 50٪ خلال الفترة 1975-1985 (الشكل 4-3). ولولا هذه التحسينات لكان أسطول السيارات والشاحنات الخفيفة في الولايات المتحدة قد استهلك كمية إضافية من البنزين تعادل ثلاثة ملايين برميل يومياً، وضخ إلى الجو ما يعادل 150 مليون طن متري من الكربون اعتباراً من عام 1995 (Green 1999, NAS 2001 b). إضافة إلى المكاسب السابقة المذكورة، فإن تخفيض استهلاك البنزين أدى بشكل مباشر إلى خفض الواردات النفطية، وبالتالي تخفيض العجز التجاري في الولايات المتحدة.

الشكل (4-3)

استهلاك الوقود في السيارات والشاحنات الخفيفة الجديدة في الولايات المتحدة الأمريكية



المصدر: EPA 2000.

لقد جرى تحقيق المعايير العامة لمتوسط معدل كفاءة الوقود من خلال تطورات تقنية أدت إلى تحسين كفاءة المحرك، ونظام نقل الحركة، إضافةً إلى تخفيف الوزن. بشكل عام تم ذلك من دون التسبب بآثار سلبية، لكن يسود بعض الجدل حول إمكانية تسبب هذه المعايير بتخفيض عوامل الأمان في السيارات (Green 1999, NAS 2001 b). ومن الواضح أن السيارات والشاحنات الخفيفة قد أصبحت أكثر أماناً وكفاءة في استخدام الوقود وأقل تلويثاً للبيئة (انخفضت على سبيل المثال نسبة الوفيات لكل مليون سيارة بنسبة 45٪ في الفترة 1979- 1999) (NAS 2001b). لكن من الممكن (وهذا ليس مؤكداً) أن يكون مستوى الأمان في سيارات اليوم أفضل قليلاً فيما لو لم يتم تخفيض حجم ووزن السيارات خلال سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي.

أدى فرض ضريبة على السيارات التي تستهلك الوقود بكميات كبيرة إلى تحسن في كفاءة الوقود خلال السبعينيات والثمانينيات، حيث عمد صانعو السيارات إلى تحسين كفاءة الوقود في سياراتهم لتجنب هذه الضريبة (Geller and Nadel 1994). في الوقت الحالي لا تطبق هذه الضريبة إلا على عدد محدود من السيارات الجديدة، أما السيارات ذات الدفع الرباعي والشاحنات الخفيفة التي تستهلك الوقود بشكل كبير فلا تشملها هذه الضريبة.

لقد وصلت معايير تحسين كفاءة الوقود في السيارات إلى ذروتها عام 1985، وأجري تحسين طفيف على المعايير الخاصة بالشاحنات الخفيفة منذ ذلك الوقت. في الواقع، انخفض متوسط الاقتصاد في الوقود للسيارات الحديثة والشاحنات الخفيفة من 26 ميلاً/ جالون عام 1987 حتى وصل إلى 24 ميلاً/ جالون عام 2000، بسبب الجمود الذي أصاب عملية تحسين كفاءة الوقود، وتحول المستهلكين نحو السيارات الرياضية الأقل كفاءة، مثل السيارات ذات الدفع الرباعي SUV، والبيك أب والعائلية minivans (الشكل 4-3). ونتيجة لذلك، ارتفع استهلاك الولايات المتحدة من البنزين بنسبة 22٪ خلال الفترة 1985-2000 (EIA 2001 a). إن تشديد معايير كفاءة الوقود في السيارات له ما يبرره من الناحية الاقتصادية والتقنية (Friedman et al. 2001, NAS 2001b)، وقد كانت التوصية بذلك منذ بداية الثمانينيات (Ross and Williams 1981)، ومع ذلك عارض صانعو السيارات بقوة تشديد معايير تحسين كفاءة الوقود في السيارات ونجحوا في ذلك.

بإيجاز، تحسنت كفاءة الطاقة للأجهزة وسيارات الركاب بشكل كبير في الولايات المتحدة الأمريكية منذ بداية سبعينيات القرن الماضي، حيث استمرت كفاءة الطاقة للأجهزة المنزلية في التحسن المستمر خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية، بينما استقرت كفاءة السيارات في منتصف الثمانينيات، وانخفضت قليلاً منذ ذلك الحين. وكان اعتماد معايير كفاءة الطاقة الإلزامية هو السياسة الرئيسية التي أدت إلى هذه التحسينات. لقد تبين من خلال التجربة الأمريكية في هذا المجال أهمية المراجعة الدورية لتحديث هذه المعايير لمواكبة التطورات التقنية. والنقطة الثانية المهمة أيضاً هي أن تكامل معايير كفاءة الطاقة مع

البحث والتطوير والتوعية وتوعية المستهلك والحوافز المالية، من شأنه أن يساهم في تنفيذ وتبني معايير أشد صرامة لكفاءة الطاقة.

البرازيل: الاستخدام الفعال للكهرباء

أسست الحكومة البرازيلية البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء عام 1985، ويقع مركزه في مؤسسة الطاقة الوطنية التي تسمى إلتروبراس Eletrobras حيث تقوم بالدعم والتنسيق. ويهدف هذا البرنامج إلى تشجيع ترشيد الطاقة لدى المستهلك النهائي، إضافة إلى خفض هدر الطاقة أثناء نقلها وتوزيعها. ويعتمد عمل البرنامج على تمويل -أو المشاركة في تمويل- شريحة واسعة من مشاريع تحسين كفاءة الطاقة التي تقوم بتنفيذها جهات متعددة، منها مؤسسات الطاقة الحكومية والمحلية، والوكالات الحكومية، والشركات الخاصة، والبلديات، والجامعات ومراكز الأبحاث، وتركز هذه المشاريع على النواحي التالية:

- البحث والتطوير والتوعية.
- التعليم والتدريب.
- الاختبارات ولصاقات توصيف الأداء الطاقي والمعايير.
- التسويق والترويج.
- دعم القطاع الخاص (على سبيل المثال دعم شركات خدمات الطاقة).
- برامج إدارة جانب الطلب من قبل مؤسسات الطاقة.
- التنفيذ المباشر لإجراءات تحسين كفاءة الطاقة.

تساعد مؤسسات الطاقة "البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء" في الحصول على قروض ميسرة وبفوائد مخفضة للمشاريع الكبيرة، لتحسين كفاءة الطاقة من صندوق خاص ضمن قطاع الكهرباء. ووصلت ميزانية البرنامج السنوية إلى ما يقارب 50 مليون دولار عام 1998، وتشمل المنح والقروض بفوائد منخفضة من دون حساب رواتب العاملين والنفقات العامة. ويظهر الجدول (4-4) عدداً من المبادرات الأساسية التي يتولاها البرنامج، وتنفَّذ بعض هذه المبادرات، مثل عمليات الاختبار والتوصيف للأجهزة

ومصابيح الإنارة والمحركات، من خلال التعاون مع مصنعي هذه الأجهزة، والبعض الآخر من خلال الحكومة ومؤسسات الطاقة المحلية.

الجدول (4-4)

الإجراءات الرئيسية المتخذة لتحسين كفاءة الطاقة في الأجهزة في البرازيل

البرادات والمجمّدات

- البرنامج الوطني لاختبار الأداء ولصاقات توصيف الأداء الطاقي.
- وضع أهداف طوعية لتحديد الاستخدام الأقصى للطاقة الكهربائية لعدد من المنتجات اعتماداً على حجمها.
- الاعتراف بالنماذج الأكفأ ومكافأتها.
- وضع برنامج حوافز كبيرة للنماذج الأكفأ.
- مراجعة إجراءات الاختبار ولصاقات توصيف الأداء الطاقي وإعداد اتفاقيات طوعية جديدة لتحسين كفاءة الطاقة.

أنظمة الإنارة

- إحلال أنظمة ذات كفاءة أكبر مثل مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي أو مصابيح بخار الزئبق محل أكثر من مليون جهاز إنارة غير فعال كمصابيح الإنارة العادية أو مصابيح إنارة الطرقات ذات المحول الذاتي.
- التوعية، برنامج حوافز خاصة من مؤسسات الطاقة، تدقيق الطاقة، لصاقات توصيف الأداء الطاقي، الحملات الدعائية التلفزيونية للترويج لاستخدام مصابيح الفلوريسنت المدمجة.
- البحث والتطوير والتوعية، تدقيق الطاقة، النشاطات التثقيفية للترويج لاستخدام مصابيح الإنارة المسماة T8 والمحولات الإلكترونية والعاكسات البراقة في أجهزة إنارة الفلوريسنت.
- تحديد حدود دنيا لكفاءة الطاقة للمحولات الكهرمغناطيسية.

المحركات وأنظمتها

- الدعم التقني للمعالجة الحرارية للفولاذ الكربوني المستخدم في معظم قلوب المحركات.
- تحديد حدود دنيا لكفاءة الطاقة للمحركات ذات الكفاءة العالية المبيعة في البرازيل.
- برنامج اختبار وتوصيف لجميع محركات التحريضية الثلاثية الطور.
- الاعتراف بالمحركات الأكثر كفاءة والمتوافرة بالسوق، ومكافأتها.

المصدر: Geller 2000.

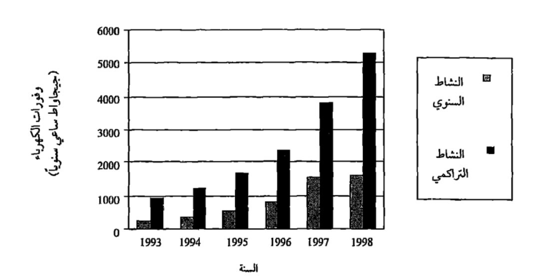
أثمرت الجهود المستمرة للبرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء خفض استهلاك الطاقة الكهربائية وضياعات الطاقة في شبكات التغذية بحوالي 5.3 تيراواط سنوياً اعتباراً من عام 1998، وهذا ما يعادل 1.8٪ من الاستهلاك الإجمالي للطاقة الكهربائية في تلك السنة (Geller et al. 1999). وبلغت وفورات الطاقة الكهربائية المتحققة عام 1998 ثلاثة أضعاف ما تحقق عام 1995 (الشكل 4-4). وقد نتجت هذه الوفورات أساساً من:

- تحسين كفاءة الطاقة في البرادات والمجمِّدات من خلال عمليات التوصيف والاختبارات والاتفاقات الطوعية مع المصنعين.
- تحسين كفاءة الطاقة في المحركات من خلال عمليات التوصيف والاختبارات ومشاريع البحث والتطوير.
- توسيع أسواق تقنيات أنظمة الإنارة ذات الكفاءة العالية مثل مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي.
- تخفيض هدر الطاقة في القطاع الصناعي من خلال عمليات تدقيق الطاقة وتنظيم ورشات العمل ونشر المعلومات.
- تركيب مقاييس استهلاك الطاقة في الأبنية التي لا يتوافر فيها ذلك (Geller et al. 1998).

لقد جنبت وفورات الطاقة الكهربائية هذه البرازيل إنشاء محطات جديدة لتوليد الطاقة الكهربائية بسعة 1560 ميجاواط، وما يلزم ذلك من بنية تحتية للنقل والتوزيع، بكلفة تقارب 3.1 مليارات دولار. وفي المقابل أنفق البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء وشركاؤه من مؤسسات الطاقة خلال الفترة 1986-1998 ما يعادل 260 مليون دولار على مشروعات تحسين كفاءة الطاقة والإمداد بها، ولذلك من وجهة نظر قطاع مؤسسات الطاقة حقق البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء نسبة استفادة إجمالية من الكلفة تعادل 1:12.

الشكل (4-4)

الاتجاهات العامة للحفاظ على الكهرباء في البرازيل



المصدر: Geller et al. 1999

من الآثار الإيجابية الأخرى للبرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء، إضافة إلى الوفورات المباشرة التي تحققت، المساهمة في تطوير عدد من التقنيات، والتي تصنع في البرازيل، مثل أنظمة تحديد الطلب، وأنظمة التحكم بالإنارة، والمحولات الإلكترونية لأجهزة إنارة الفلوريسنت، وسخانات المياه بالطاقة الشمسية. لقد ساهم البرنامج في دعم تطوير قطاع شركات خدمات الطاقة في البرازيل، وتأهيل عدد كبير من مديري الطاقة والعاملين في هذا المجال. واستطاع البرنامج أيضاً أن يخفض من مخاطر العجز في الطاقة الكهربائية، برغم أنه لم يتمكن من تجنب العجز الذي حدث عام 2001.[2]

لقد شارك البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء في تأسيس عدد من مشاريع تحسين كفاءة الطاقة لصالح مؤسسات الطاقة، وتأسس أحد هذه البرامج في وادي جكيتينهونا Jequitinhonha وهي منطقة ريفية فقيرة في ولاية ميناس جرياس Minas Gerais. كانت هذه المنطقة منذ بداية التسعينيات تستمد حاجتها من الطاقة من أحد خطوط التغذية الكهربائية، الذي كان يعاني زيادة الحمل بشكل مستمر، وهذا ما دفع مؤسسة الطاقة

الحكومية، والبرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء إلى تشجيع تحسين كفاءة الطاقة في هذه المنطقة بشكل كبير. وكان الهدف خفض حمولة الذروة بنحو 9 ميجاواط. وتحقق هذا الهدف بتوزيع مصابيح الفلوريسنت المدمجة على العائلات، وتحفيز استخدام محددات حمولة الذروة في المنازل التي تستخدم السخانات الكهربائية للحمامات، وتحديث أنظمة الإنارة في الشوارع نحو الأنظمة الأكثر كفاءة، وتشجيع الصناعات والمزارع لتطبيق تقنيات إدارة حمولات الذروة. وبلغت تكاليف المشروع التي تحملها البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء ومؤسسة الطاقة "سيميج" CEMIG حوالي 30 مليون دولار، لكن هذا مكن "سيميج" من تعليق تنفيذ خط جديد للتغذية بالطاقة الكهربائية بكلفة 25 مليون دولار، وتحسين خدمات الطاقة للعائلات الفقيرة والمزارع.

تواكب عملية الخصخصة وإعادة هيكلة مؤسسات الطاقة في البرازيل تشكيل الهيئات الناظمة لعمل مؤسسات الطاقة على المستوى الفيدرالي والولايات. وتحت إلحاح البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء وجهات أخرى تبنت الوكالة التنظيمية الفيدرالية توجهاً يلزم مؤسسات توزيع الطاقة بأن تخصص ما نسبته 1٪ من عوائدها (وتمثل حوالي 160 مليون دولار سنوياً) على مشاريع تحسين كفاءة الطاقة، سواء على مستوى تخفيض ضياعات نقل الطاقة، أو على مستوى مشاريع تحسين كفاءة الطاقة عند المستخدم النهائي. ويجب أن ينفق ربع هذا المبلغ على الأقل على تحسين كفاءة الطاقة عند المستخدم النهائي. ويقدم البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء المساعدة لمؤسسات الطاقة في إعداد الخطط الخاصة بتحسين كفاءة الطاقة، ومراقبة تنفيذها وتقويم النتائج بالنيابة عن الوكالة التنظيمية الفيدرالية.

عُدِّلت السياسة عام 2000 من قبل الكونجرس البرازيلي، فخُصص جزء لا بأس به من نسبة الـ 1٪ للبحث والتطوير (Jannuzzi 2001). لكن هذه السياسة المعدلة شددت على ضرورة تخصيص 0.25٪ من عوائدها لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة. وتحت وطأة العجز في الكهرباء الذي حدث عام 2001 أنفقت مؤسسات الطاقة حوالي 80 مليون

دولار (يعادل 0.5٪ من عائداتها) على مشاريع تحسين كفاءة الطاقة عند المستخدم النهائي في العام نفسه (Villaverde 2001).

ركزت مؤسسات الطاقة جهودها عام 2001 على الترويج لمصابيح الفلوريسنت المدمجة وتوزيعها، وهو ما أدى إلى نمو كبير في مبيعاتها. وقدّر أحد ممثلي قطاع الإنارة في البرازيل أنه جرى بيع أو توزيع حوالي 50 مليون مصباح فلوريسنت مجمع عام 2001 بالمقارنة مع 14 مليون في السنة التي سبقتها (Roizenblatt 2002).

وقد ساند البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء تأسيس معايير إلزامية لكفاءة الطاقة للأجهزة وأنظمة الإنارة والمحركات المبيعة في البرازيل. وبعد سنوات عديدة من الدراسة أقر الكونجرس البرازيلي قانوناً عام 2001 وجّه فيه الجهات التنفيذية المعنية بإنشاء هذه المعايير اعتماداً على دراسات الجدوى الاقتصادية والفنية، وقد طلب إلى الجهات التنفيذية أيضاً تطوير الآليات اللازمة لتحسين كفاءة الطاقة في الأبنية التجارية الجديدة، وشرعت الحكومة في تطبيق هذا القانون الجديد بالتعاون مع البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء اعتباراً من عام 2002.

لجأ البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء ومؤسسة الطاقة الوطنية إلى الاقتراض من المؤسسات الدولية لتوسيع نشاطاتها وقدراتها التمويلية، حيث حصلت عام 2000 على قرض من البنك الدولي قيمته 43 مليون دولار مخصص لتحسين كفاءة الطاقة، واستكمل بمنحة من المؤسسة البيئية العالمية بقيمة 15 مليون دولار، وتقوم البرازيل بالمساهمة بمبلغ مماثل أو أكبر منه. يدعم هذا القرض تطبيق إجراءات تحسين كفاءة الطاقة التي ثبتت جدواها الاقتصادية على نطاق واسع. أما المنحة فتخصص لدعم المشاريع الرئيسية الخاصة بالتقنيات الجديدة وآليات التسليم، إضافة إلى النشاطات الأساسية وتنمية القدرات. ويعتبر هذا القرض المقدم من البنك الدولي الأول من نوعه الذي يخصص لحفظ الطاقة عند المستخدم النهائي وإدارة جانب الطلب.

تعرض البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء لنكسة في أعوام 1999-2001، إذ حدث تغيير إدارة البرنامج وتقليص الكادر العامل فيه وإجراء تخفيض في الميزانية، وهو ما أدى إلى تباطؤ في تنفيذ قرض البنك الدولي والمنحة المقدمة من المؤسسة البيئية العالمية، ومشكلات أخرى. وقد كان من سوء الطالع بشكل خاص أن البرنامج شهد نمواً كبيراً بين عامي 1993-1998، بينما واجهت البرازيل عجزاً كبيراً في الطاقة عام 2001.

بإيجاز، يمكن القول إن البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء في البرازيل قد أثبت أنه يمكن لبرنامج وطني في هذا المجال أن يحقق النجاح إذا وقفت الحكومة وراءه بقوة، وتلقى التمويل اللازم، وعمل بشكل مشترك مع القطاع الخاص والمؤسسات الأخرى، وجرى التركيز فيه على مستويين: التحسينات التقنية وتنمية السوق. وتبين عبر البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء أهمية تنمية القدرات والتأييد السياسي. أخيراً أظهر البرنامج مدى صعوبة وأهمية المحافظة على نمو واستمرارية برنامج لتحسين كفاءة الطاقة ضمن إطار حكومي وعلى المدى الطويل.

هولندا: تحسين كفاءة الطاقة في الصناعة

تبنت الحكومة الهولندية مجموعة متكاملة من السياسات لتحفيز تحسين كفاءة الطاقة في القطاع الصناعي منذ عام 1990، وكانت الآلية السياسية الرئيسية هي اتفاقيات رسمية بين الحكومة والقطاعات الصناعية المعنية، والمعروفة باسم برنامج الاتفاقيات الطويلة الأجل. ارتكزت الاتفاقيات على تقديرات مستقلة لفعالية الكلفة للوفورات الممكنة، وتضمنت أهدافاً جرى التفاوض بشأنها وعُدَّت ملزمة من الناحية القانونية، وقد دعت إلى تحسين كفاءة الطاقة بشكل نموذجي بنسبة 20٪ بحلول عام 2000، مقارنةً بعام 1989 (Nuijen 1998).[3]

ولإعطاء البرنامج زخماً قوياً طلبت الحكومة أن يشترك في البرنامج 80٪ من الشركات في القطاع الصناعي على الأقل، وقبل توقيع برنامج الاتفاقيات الطويلة الأجل

وافقت الشركات المشاركة على تطوير خطة لتحسين كفاءة الطاقة، كلما كان ذلك ذا جدوى اقتصادية وتقنية، ووافقت على إعداد تقارير سنوية تبين مدى التقدم. بالمقابل فإن الحكومة تقوم بإجراء عمليات تدقيق الطاقة للمنشآت الصناعية، وتقدم حوافز ضريبية للاستثمارات في مجال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة، ومساعدات مالية أخرى، والحماية من التشريعات الإلزامية لتحسين كفاءة الطاقة. قامت مؤسسة الطاقة الهولندية NOVEM بالمراقبة المستقلة لحسن سير البرنامج. وتُعاقَب الشركات التي لا تحقق الأهداف الموضوعة أو تلك التي لا توافي الجهات المعنية بالتقارير السنوية المطلوبة بالطرد من البرنامج، ويفرض عليها الالتزام بمعايير بيئية صارمة، وأخرى مرتبطة بالطاقة.

ومع نهاية عام 1996 جرى توقيع اتفاقيات الطويلة الأجل بين الحكومة و31 قطاعاً صناعياً وستة قطاعات خدمية، وبلغ عدد الشركات المنضوية تحت لواء هذا البرنامج حوالي 1000 شركة صناعية مثلت أكثر من 90٪ من جملة استهلاك الطاقة في الصناعة في هولندا. وخلال عام 1996 بلغ متوسط معدل تحسين كفاءة الطاقة 12.5٪، وارتفع إلى 17.4٪ عام 1998، ثم إلى 20.4٪ عام 1999، وهذا يعني تحقيق الهدف المطلوب وهو 20٪ بنهاية عام 2000 (Nuijen 1998, Van Luyt 2001). وتمكن عدد من القطاعات المهمة من تجاوز المعايير المحددة ضمن برنامج الاتفاقيات الطويلة الأجل منذ عام 1999، (الجدول 4-5)، ولم تتخلَّ أي شركة عن التزاماتها في هذا البرنامج.

أظهر تقويم برنامج الاتفاقيات الطويلة الأجل أن الشركات قد كرست جل اهتمامها منذ اشتراكها في البرنامج لإدارة الطاقة والفرص الممكنة لتحسين كفاءتها، وأبدت الشركات بشكل عام رضاها عن البرنامج، وبلغت التكاليف التي تحملتها الحكومة الهولندية لتنفيذ هذا البرنامج في المدة 1990-2000 حوالي 690 مليون دولار، شاملة الحوافز ودعم الأسعار، بينما وفّر القطاع الصناعي هذا المبلغ من خلال تخفيض فواتيره في مجال الطاقة سنوياً بحلول عام 2000 (Nuijen 1998). ومن جهة أخرى وعلى صعيد البيئة، أمكن تجنب إطلاق حوالي ستة ملايين طن متري من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، بفضل برنامج الاتفاقيات

الطويلة الأجل اعتباراً من عام 1997، وبما يعادل 3٪ من مجمل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في هولندا في نفس العام (Gummer and Moreland 2000).

الجدول (4-5)

أهداف تخفيض كثافة الطاقة وما تحقق منها في قطاعات الصناعة الرئيسية في هولندا

القطاع	الهدف لعام 2000(أ)	الإنجاز عام 1995(ب)	الإنجاز عام 1999(جـ)
الكيميائي	20	9.3	23
الحديد والصلب	20	10.8	16
الورق	20	13.2	21
النسيج	20	9.9	21
الأسمنت	20	_	22
الزجاج	20	12.0	14
التخزين والتبريد	25	_	22

ملاحظات:

(أ) النسبة المئوية لتخفيض كثافة الطاقة بالنسبة لعام 1989.

(ب) النسبة المئوية المنجزة لتخفيض كثافة الطاقة المتحققة خلال 1989-1995.

(جـ) النسبة المئوية المنجزة لتخفيض كثافة الطاقة المتحققة خلال 1989-1999.

المصدر: Van Luyt 2001, Rietbergen, Farla, and Blok 1998.

نظراً للنجاح الذي حققه برنامج الاتفاقيات الطويلة الأجل، ولأن معظم الاتفاقيات قد انتهت عام 2000، فقد بدأت الحكومة الهولندية وقطاع الصناعات عام 1999 بتنظيم اتفاقيات جديدة تعرف باسم اتفاقيات معيار كفاءة الطاقة Energy Efficiency benchmarking Covenants، تُلزم الشركات بموجبها بتبني أفضل الممارسات لتأهيلها للانضمام إلى قائمة أفضل نسبة عشرة بالمئة من الشركات ضمن قطاعها الصناعي، وعلى مستوى العالم، والتي تستخدم الطاقة بكفاءة عالية بحلول عام 2012 (Van Luyt 2001).

وبالمقابل، عرضت الحكومة الهولندية وشركات خدمات الطاقة تقديم الحوافز المالية والدعم الفني، وتعهدت الحكومة أيضاً بعدم فرض ضرائب جديدة على الطاقة أو تحديد سقوف لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون على الشركات المنضمّة لهذا البرنامج (Van Luyt 2001). وتتسم هذه الاتفاقات الجديدة بالطابع الفردي أكثر من برنامج الاتفاقيات الطويلة الأجل الذي كان موجهاً على مستوى قطاع الصناعة.

وقّع أكثر من ثلثي الشركات التي تستهلك الطاقة بشكل كبير على اتفاقيات معيار كفاءة الطاقة منذ عام 2000 (Van Luyt 2001). ويتوقع أن تساهم هذه البرامج في تخفيض استخدام الطاقة في الصناعة بنسبة تراوح بين 5 و15٪ بحلول عام 2012 (Phylipsen et al. 2002). وقد طُلب من الشركات الأخرى الأقل اعتماداً على الطاقة تطبيق جميع إجراءات تحسين كفاءتها على النطاق الداخلي، وبحيث لا تقل نسبة التخفيض عن 15٪. ولمراقبة حسن تنفيذ البرنامج كان تأسيس لجنة مختصة ومكتب للتحقق لمتابعة هذه الاتفاقيات.

بإيجاز، بيّن برنامج الاتفاقيات الطويلة الأجل الهولندي أنه يمكن للاتفاقات الطوعية أن تنجح إذا جرى تأمين مستلزمات هذا النجاح الذي يتمثل في الالتزام القوي من جانب الحكومة، وإطار عام من الدعم، وبعض الضغط على القطاع الخاص. لقد استُخدمت سياسة العصا والجزرة لجذب أكبر عدد من الشركات للانضمام لهذا البرنامج والالتزام به. وبينت التجربة الهولندية أنه بعد تحقيق تخفيض كثافة الطاقة بنسبة 20٪ خلال تسعينيات القرن الماضي يمكن عمل المزيد وتحقيق تخفيضات أخرى، وبخاصة أنه لم يحدث استغلال الإمكانيات الكامنة بشكل كامل.

الصين: انتشار مواقد الطهو المحسنة

تتصف أساليب طهو الطعام التقليدية في الدول النامية باستخدام كميات كبيرة من الوقود، وإطلاق معدلات عالية من الدخان، وما ينجم عن ذلك من آثار سلبية كبيرة على

البيئة والصحة العامة، وما يسببه أيضاً من مشكلات اجتماعية لعدد كبير من العائلات (وبخاصة للنساء والأطفال) (Ravindranath and Hall 1995). لقد نفذت الصين أكبر برنامج شامل وناجح على مستوى العالم للمواقد المحسنة، وجرى في هذا البرنامج تركيب حوالي 130 مليون موقد في المناطق الريفية خلال الفترة 1982–1992، ومكّن ذلك نصف العائلات الريفية من الحصول على موقد متطور. وتعمل معظم هذه المواقد على الوقود الحيوي المستخلص من الأخشاب أو من بقايا المحاصيل الزراعية، وبرغم أن هذا البرنامج قد عانى في البداية مشكلات في الجودة والديمومة فقد جرى تجاوز هذه العقبات، وتمكنت معظم هذه المواقد المحسنة من تحسين مواصفات الهواء داخل المنازل، وتوفير الوقود (Smith et al. 1993).

وقد استخدم البرنامج الوطني الصيني لتحسين كفاءة المواقد مجموعة من السياسات والاستراتيجيات لنشر استخدام المواقد المحسنة على نطاق واسع:

1. البحث والتطوير من خلال شبكة من مراكز الأبحاث، إضافةً إلى عمليات مستقلة للاختبارات والمراقبة للتصاميم الممكنة للمواقد.

2. نشر عمليات التدريب بشكل لامركزي، والترويج والمراقبة من خلال مراكز خدمات الطاقة المنتشرة في الأرياف، بحيث تبدأ هذه النشاطات في الأقاليم الأكثر اهتماماً وحاجة لذلك.

3. تشجيع وتدريب شركات الطاقة العاملة في الأرياف والفنيين الذين يصنعون ويركبون ويقومون بتخديم هذه المواقد المحسنة.

4. تقديم القروض الميسرة والحوافز الضريبية لمساعدة هذه الشركات من الناحية المالية.

5. دعم أسعار المواقد التي تشتريها العائلات الفقيرة (Smith et al. 1993).

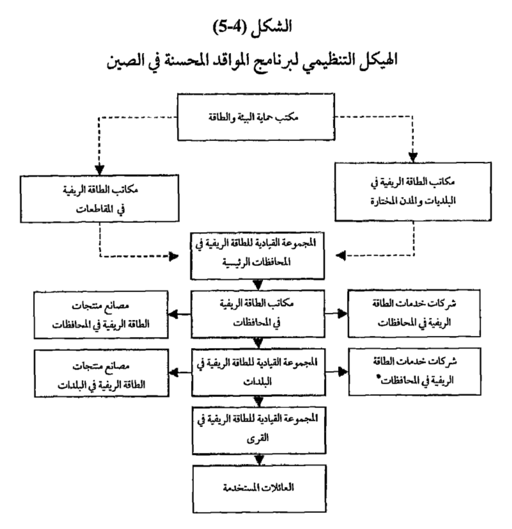
يخضع برنامج المواقد المحسنة لإشراف المكتب الوطني لحماية البيئة والطاقة، ويشمل عوامل متعددة كما هو مبين بالشكل (4-5). لقد استفاد البرنامج من الخبرة والبنية التحتية الواسعة التي جرى تأسيسها سابقاً للترويج لاستخدام أنظمة تحليل الغاز الحيوي والمنشآت الكهرمائية الصغيرة في الصين. وأجري البحث والتطوير المتعلق بالمواقد على مستويات مختلفة، ابتداءً بالمستوى القومي وحتى الوصول إلى مستوى الأقاليم والمناطق، ومن خلال 25 مؤسسة بحثية ممولة من المكتب الوطني لحماية البيئة والطاقة. ويحدث اختيار الأقاليم والمناطق بعناية، واعتماداً على مستوى ندرة الوقود الحيوي، وتوفر البنية التحتية الكافية من النواحي التقنية والمالية والإدارية والرغبة المحلية. ومن خلال 1500 مكتب للطاقة تقريباً تتوزع في الأرياف الصينية قدَّم التمويل وحدَّدت المناطق المستهدفة، ثم جرى تدريب الشركات والحرفيين العاملين في مجال المواقد المحسنة، والمراقبة وضبط الجودة.

تُصنَّع وتباع المواقد المحسنة في الأرياف من قبل شركات خدمات الطاقة المتوافرة هناك والحرفيين المختصين بذلك وليس من قبل الهيئات الحكومية. ولا يتوافر دعم حكومي مباشر لأسعار المواقد، باستثناء تزويد العائلات الفقيرة جداً ببعض هذه المواقد في بعض المناطق (Smith et al. 1993). وقد بلغ عدد العمال الذين اشتركوا في تصنيع المواقد ودعم البرنامج خلال ثمانينيات القرن الماضي حوالي 200 ألف عامل.

اكتشفت العائلات الريفية المزايا الكثيرة التي تتمتع بها المواقد المحسنة، مثل الوفر في الوقود، الذي بلغ متوسطه حوالي 25٪، وتحسين مواصفات الهواء داخل المنزل، والراحة، وميزات أخرى تبرر كلفة الموقد المحسن، الذي يبلغ متوسط سعره تسعة دولارات، ولذا استمر معظم المواقد في الخدمة (Smith et al. 1993). وللمقارنة فقط فقد بلغ عدد مواقد الطهو المحسنة التي صنعت واستخدمت في الهند خلال ثمانينيات وتسعينيات القرن الماضي حوالي 24 مليون موقد، ويقدر عدد المواقد التي هي قيد الاستخدام حوالي 60٪ منها اعتباراً من عام 1997 (Ravindranath and Hall 1995, Shailaja 2000).

الشكل (4-5)

الهيكل التنظيمي لبرنامج المواقد المحسنة في الصين



المصدر: Smith et al. 1993.

* هكذا في الأصل، ولعل الصواب هو البلدات. (المحرر)

إن أحد الأسباب التي أدت إلى نجاح البرنامج الصيني للمواقد المحسنة، المواصفات التقنية ونظام ضبط الجودة المتبع، حيث يتم إنتاج الأجزاء الحساسة من الموقد مثل منصب حمل نار الموقد وصمام الهواء بشكل مركزي. وتم الوصول إلى التصميم الأمثل لأبعاد الموقد وحجرة الاحتراق وفتحة الوقود، ووضع معايير لها واستخدام أداة لكبح اللهب لتحسين نقل الحرارة إلى أواني طهو الطعام وتصميم المدخنة، بحيث يجري التخلص بفاعلية من الدخان من المطبخ، إضافة إلى ذلك عدِّل تصميم هذه المواقد لتتناسب وظروف طهو الطعام المحلية (Smith et al. 1993).

أنفقت الحكومة الصينية (على المستوى القـومي والإقليمـي والمحـلي) خـلال أعـوام 1983–1989 ما يقارب 158 مليون دولار لـدعم تـصنيع أكثـر مـن 110 ملايـين موقـد، وخصص معظم هذا التمويل للتدريب المحلي والترويج والتقويم ولـدعم أسـعار المواقـد المخصصة للعائلات الفقيرة، ولفريق عمل إدارة هذا البرنامج. وبلغـت الكلفـة الإجماليـة لتصنيع وشراء هذه المواقد حوالي مليار دولار، تحملت الحكومة من هـذا المبلـغ مـا نـسبته 15٪ من الكلفة الإجمالية للاستثمارات في المواقد المحسنة.

يعطينا البرنامج الصيني للمواقد المحسنة مجموعة من العبر القيمـة: أولى هـذه العـبر تتمثل في أهمية تنسيق الجهود على المستويات القومية والإقليمية والمحلية، أما الثانية ففي أن الشركات الخاصة يمكن أن تقوم وبنجاح في نشر تقنيات تحـسين كفـاءة الطاقـة أو الطاقـة المتجددة للعائلات في المناطق الريفية، مادامت هذه الشركات تتلقى التدريب والمساعدات المالية والدعم التـسويقي، والثالثـة أن العـائلات الريفيـة لـديها الرغبـة في دفـع تكـاليف استخدام تقنيات تحسين كفاءة الطاقـة إذا كانـت الفوائـد التـي سيحـصلون عليهـا كبـيرة والتكاليف معقولة، وأخيراً فقد تبين أنه يمكن تحقيق المواصفات العالية وضبط الجودة من خلال جهود لامركزية وعلى نطاق كبير، مثل نشر استخدام المواقد المحسنة في الأرياف.

الولايات المتحدة الأمريكية: استخدام الكهرباء بكفاءة أكبر في كاليفورنيا

كانت ولاية كاليفورنيا رائدة في اعتماد معـايير كفـاءة الطاقـة للتجهيـزات المختلفـة، وكودات تحسين كفاءتها في الأبنية، وبرامج تحسين كفاءة الطاقة من قبل مؤسسات الطاقة. لقد تبنت مؤسسات الطاقة في كاليفورنيا ولأكثر من عشرين عاماً بـرامج لتحـسين كفـاءة الطاقة على نطاق واسع، حيث أنفقت مؤسسات الطاقة المملوكـة مـن مـستثمرين حـوالي 230 مليون دولار أو ما يعادل 1.4٪ من عائداتها على هذه الجهود (Kushler and Witte 2001).

وتتضمن هذه البرامج حوافز مالية للمستهلكين وقطاع الأعمال الذين يستخدمون أجهزة ذات كفاءة عالية من مختلف الأنواع، وتقديم مساعدات للعائلات الفقيرة على شكل تحديث مجاني لبعض التجهيزات ذات الكفاءة المتدنية التي يستخدمونها، ودعم تنفيذ كود تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية، ومساعدات فنية لقطاع الأعمال والصناعة. لقد أثمرت هذه الجهود الحثيثة في تخفيض الطلب على الطاقة في أوقات الذروة في كاليفورنيا حوالي 4400 ميجاواط (حوالي 10٪) منذ عام 1999، ووصلت الوفورات المالية المتحققة إلى ما يعادل 72 مليار دولار بالنسبة للمستهلكين في كاليفورنيا، من خلال تخفيض الطاقة اللازمة للتقنيات ذات الكفاءة العالية، على أساس الكلفة خلال دورة حياة هذه المنتجات (Cowart 2001).

قامت هيئة مؤسسات الطاقة العامة في كاليفورنيا بتحفيز مؤسسات الطاقة في الولاية لتنفيذ برامج صارمة لتحسين كفاءة الطاقة من خلال سياساتها التنظيمية. وتسمح الهيئة لمؤسسات الطاقة بتعويض كلفة انخفاض مبيعاتها، والاحتفاظ بجزء من المكاسب المجتمعية الصافية الناتجة عن تحسين كفاءة الطاقة وبرامج إدارة الحمل. ويكون تنفيذ برامج استعادة الكلف وتقديم الحوافز من خلال إجراء تعديل طفيف على التعرفة عقب المراقبة الدقيقة وتقويم برامج كل مؤسسة. وتؤمن السياسات التنظيمية الحوافز المالية لمؤسسات الطاقة لزيادة وفورات الطاقة إلى الحد الأقصى وزيادة المكاسب الاقتصادية الصافية لبرامجها (Stoft, Eto, and Kito 1995).

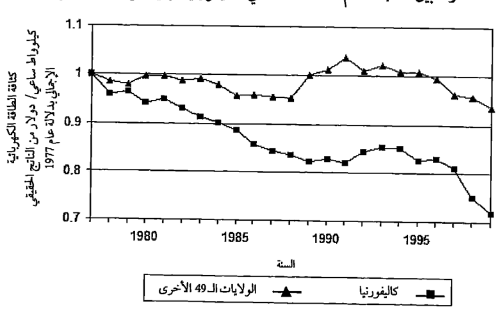
إضافةً إلى البرامج الخاصة بمؤسسات الطاقة، أسست كاليفورنيا وكالة للطاقة ذات مستوى عالٍ من التأهيل، هي هيئة الطاقة في كاليفورنيا. وقد قامت هذه الهيئة بتنفيذ عدد كبير من البرامج والسياسات لتحسين كفاءة الطاقة، وبموجب السلطات الممنوحة لها من السلطة التشريعية في الولاية، تبنت معايير كفاءة الطاقة للتجهيزات المختلفة، وكودات تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية في منتصف سبعينيات القرن الماضي، وواظبت على التحديث الدوري للمعايير والكودات لمواكبة التطورات التقنية. لقد خفض كود تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية ومعايير كفاءة الطاقة للتجهيزات المختلفة استخدام الكهرباء في

كاليفورنيا بحوالي 12 تيراواط (٪5)، ووفر على المستهلكين حوالي 1.4 مليار دولار سنوياً ابتداءً من عام 1998 (CEC 1998). إضافةً إلى ذلك فإن تبني المعايير والكودات في كاليفورنيا مهّد الطريق لتبنيها على المستوى القومي في عدد من الولايات الأخرى.

لقد كان للتأثير الكلي لبرامج مؤسسات الطاقة ومعايير كفاءة الطاقة للتجهيزات المختلفة، وكود تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية، تأثير كبير في الاستخدام الإجمالي للطاقة في كاليفورنيا خلال الخمس والعشرين سنة الماضية. لقد استطاعت كاليفورنيا تخفيض استخدام الطاقة منسوبة للناتج الاقتصادي بحوالي ٪30 خلال المدة 1977–1999 بالمقارنة مع معدل كثافة الطاقة الثابت نسبياً في الولايات الأخرى (الشكل 4–6). وتمكنت كاليفورنيا من تخفيض معدل استهلاك الطاقة الإجمالي منسوباً للفرد بما يعادل ٪13، وخفضت أيضاً كثافة الطاقة (استخدام الطاقة الكلي منسوباً إلى ناتج الولاية الإجمالي) بحوالي ٪47 خلال الفترة 1970–1997 (Geller and Kubo 2000). ويقل معدل استخدام الطاقة الإجمالي منسوباً للفرد الواحد في كاليفورنيا بنسبة ٪32 عن المعدل القومي السائد على مستوى الولايات المتحدة.

الشكل (4-6)

مقارنة بين الاتجاه العام لكثافة الطاقة في كاليفورنيا وبقية الولايات الأمريكية



المصدر: NRDC and SVMG 2001.

تعطي هذه الإنجازات الرائعة فوائد بيئية واقتصادية، حيث قدرت إحدى الدراسات أن كاليفورنيا تمكنت من تخفيض انبعاثاتها من المصادر الثابتة بحوالي 35٪ منذ عـام 1995، وذلك بتخفيض معدل كثافة الطاقة، وأوضحت الدراسة أن كاليفورنيـا تمكنـت -بفـضل الوفورات التي حققتها وحولتها نحو النشاطات الإنتاجية- من زيادة ناتجهـا الاقتـصادي من 875 دولاراً إلى 1360 دولاراً بالنسبة للفرد الواحد، أو ما يعادل من 4.6٪ عـام 1995 (Bernstein et al. 2000). من جهة أخرى، خفضت كاليفورنيا من تمويلها لبرامج تحسين كفاءة الطاقة في منتصف تسعينيات القرن الماضي بسبب الشكوك التي حامت حول إعـادة هيكلة مؤسسات الطاقة (CEC 1999).

مع إصدار قانون إعادة هيكلة قطاع الكهرباء في كاليفورنيا عام 1996، تبنـى صـانعو السياسة نموذجاً جديداً يتناسب والبيئة التنافسية لـسوق الكهربـاء، ويعتمـد عـلى تمويـل برامج تحسين كفاءة الطاقة من خلال فرض رسوم على تعرفـة الطاقـة الكهربائيـة، حيـث تعهدت الهيئة التشريعية بفرض رسوم مختلفـة تعـادل 0.3 سـنت لكـل كيلـوواط سـاعي (وهذا يعادل 3٪ من متوسط التعرفة الحالية) على جميع مبيعات الطاقة الكهربائية لتمويـل أنواع متعددة من النشاطات العامة في مجـال الطاقـة، مثـل بـرامج تحـسين كفـاءة الطاقـة، ومساعدة العائلات الفقيرة قي هذا المجال، وتطوير تقنيـات الطاقـة المتجـددة، ولتمويـل البحث والتطوير في مجال الطاقة. وخصص نصف التمويـل لـدعم بـرامج تحـسين كفـاءة الطاقة. وضمن هذا السياق، وجهت الهيئة التشريعية مؤسسات الطاقة بإعطاء أولوية أكبر لتطوير صناعة قوية لخدمات الطاقة في كاليفورنيـا، وإجـراء تحـولات هيكليـة في الـسوق (Eto, Goldman, and Nadel 1998).

أقرت كاليفورنيا عام 2000 قانوناً جديداً مُدِّد بموجبه العمـل برسـم المنفعـة العامـة حتى عام 2012، وسينتج عن ذلك ضخ اسـتثمارات تعـادل 5 مليـارات دولار في بـرامج تحسين كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة، ونشاطات عامـة أخـرى في كاليفورنيـا. إن التزاماً بهذا الحجـم وعـلى مـدى 10 سـنوات سـيحافظ عـلى مـسيرة البرنـامج، ويـساعد

كاليفورنيا في المحافظة على موقعها الريادي في مجال الطاقة المستدامة على مستوى الولايات المتحدة.

قامت كاليفورنيا بتحديث معايير كفاءة الطاقة في المباني، ووافقت على تخصيص 500 مليون دولار إضافية لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة عام 2001، وتم اتخاذ هذه الإجراءات الطارئة لمساعدة الولاية على تخطي العجز المؤقت في الطاقة والارتفاع الشديد في أسعار الكهرباء الناتج عن عيوب في سياسة إعادة هيكلة مؤسسات الطاقة (Cavanagh 2001, McCullough 2001).

وزادت مؤسسات الطاقة وهيئة الطاقة في كاليفورنيا من الحوافز المالية لإجراءات تحسين كفاءة الطاقة، ونظمت حملة إعلامية مكثفة لحفظ الطاقة. إلى ذلك، شرعت الولاية في اعتماد معايير جديد لكفاءة الطاقة، يكون بموجبها تحديد الحد الأدنى المقبول لاستخدام الطاقة لبعض الأجهزة الجديدة التي لم تشملها المعايير السابقة، مثل أجهزة التبريد، والإنارة، ومنتجات أخرى.

لقد تكللت هذه الجهود بنجاح كبير، حيث قامت مؤسسات الطاقة بتنظيم برنامج تمنح المشاركين فيه حسماً مقداره 20٪ على تعرفة الطاقة الكهربائية إذا التزم المشترك بتخفيض استخدامه للكهرباء بنسبة 20٪ أو أكثر. والجدير بالذكر أن نسبة المشاركين في هذا البرنامج من القطاع السكني بلغت 23٪، ومن قطاع الأعمال 25٪. وقد ارتفعت مبيعات أجهزة الفلوريسنت المدمجة (CFLs) بنسبة 400٪ خلال الفترة 2000-2001 (Calwell et al. 2002).

بشكل عام استطاعت كاليفورنيا تخفيض استخدامها للطاقة الكهربائية بنسبة 7٪ وحمولة الذروة بمقدار 10٪ في صيف عام 2001 مقارنة بالعام الذي سبقه (CEC 2002). إن هذه الوفورات التي تحققت في الطاقة وفي حمولة الذروة هي السبب الرئيسي وراء عدم تعرض كاليفورنيا لأزمة طاقة في ذلك الصيف. وساهمت هذه الوفورات أيضاً في إجراء

تخفيضات كبيرة على أسعار الجملة للطاقة الكهربائية في المناطق الغربية (NRDC and SVMG 2001).

بإيجاز، دعمت كاليفورنيا وبقوة تحسين كفاءة الطاقة، واعتبرته مصدراً رئيسياً للطاقة على مدى خمسة وعشرين عاماً، حيث أسست الولاية هيئة للطاقة تتميز بالكفاءة العالية استطاعت أن تتبنى كودات ومعايير متطورة جداً. وتبنت كاليفورنيا برامج ممولة بشكل جيد تابعة لمؤسسات الطاقة طوال معظم هذه الفترة، وقُدّمت الحوافز المالية لمؤسسات الطاقة لتشجيع جهود تحسين كفاءة الطاقة عند المستخدم النهائي. ونتيجة لذلك، فإن متوسط استهلاك الفرد من الطاقة أو من الكهرباء انخفض بشدة في كاليفورنيا مقارنة مع الولايات الأخرى.

توضح هذه التجربة أيضاً مدى أهمية الدعم المستمر لتحسين كفاءة الطاقة من خلال سياسات وبرامج متكاملة ومتطورة. وبينت أيضاً أن برامج تحسين كفاءة الطاقة قد تكون هي أحد الحلول الفعالة لأي خلل يصيب التوازن بين الإمدادات والطلب على الطاقة على المدى القصير، وبخاصة إذا ما توافرت الأرضية الصلبة من البرامج ومقدمي خدمات الطاقة، والتي يمكن البناء عليها وبسرعة.

الهند: استخدام الطاقة المتجددة

أنشأت الهند عام 1992 وزارة موارد الطاقة غير التقليدية بغية تحفيز وتطوير وتوعية ونشر استخدام الطاقة المتجددة. وتدعم الوزارة النوع التقليدي من تقنيات الطاقة المتجددة المنتشر في الأرياف إن جاز التعبير، كالمواقد المحسنة، وأنظمة الغاز الحيوي والتقنيات الحديثة أيضاً، مثل الرياح، والأنظمة الكهرضوئية، لكن اهتمام الهند بهذا الموضوع نشأ قبل تأسيس الوزارة (MNES 2001).

أسست الحكومة الهندية عام 1978 الوكالة الهندية لتنمية الطاقة المتجددة لتمويل وتشجيع تصنيع واستخدام تقنيات الطاقة المتجددة. وتسعى الوكالة لتمويل مشاريع

الطاقة المتجددة بفوائد منخفضة وفترة سداد تراوح بين 5 و10 سنوات، ويتعلق معدل الفائدة بنوع تقنية الطاقة المتجددة المستخدمة.

تدعم الوكالة مجموعة من النشاطات، كعمليات التدريب لتنمية الأطر الفنية، والحملات الإعلانية، وتقويم المصادر، وإعداد الحالات الدراسية وكتيبات الإرشاد، وتنمية الأعمال، ومساعدات دعم التصدير (Lal 1998). إلى ذلك، تبذل الوكالة جهودها لدى المؤسسات المالية المتاحة، مثل بنك التنمية الصناعية بالهند، وشركة تمويل الطاقة للانخراط في عمليات التمويل لمشاريع الطاقة المتجددة (Mishra 2000).

تعرض الحكومة الهندية فترة اهتلاك لمدة عام واحد ودعم لأسعار أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية يعادل 50٪، وتقدم أيضاً إعفاءات من رسوم الاستيراد والضرائب الأخرى، وذلك لزيادة الجدوى الاقتصادية للطاقة المتجددة (Pachauri and Sharma 1999). وتشجع الحكومة الفيدرالية أيضاً مؤسسات الطاقة، وعلى مستوى الولايات، لمنح مزودي الطاقة الكهربائية للشبكة العامة من مصادر متجددة تعرفة مشجعة وشروط تعاقد ميسرة. إن الهدف الأساسي لهذه الاستراتيجية هو تنمية السوق، ويساهم البنك الدولي والمؤسسة البيئية العالمية في تمويل هذه النشاطات منذ بداية تسعينيات القرن الماضي.

لقد حقق الأسلوب الشامل الموجه نحو السوق نتائج مبهرة (الجدول 4-6)، حيث تعتبر الهند حالياً من أكبر مستخدمي الأنظمة الكهرشمسية في العالم، وتحتل المرتبة الخامسة في العالم في مجال استخدام طاقة الرياح بسعة إجمالية بلغت حوالي 1500 ميجاواط عام 2001، وبلغت السعات الناتجة من مصادر الطاقة المتجددة (باستثناء مشاريع توليد الطاقة الكهرمائية الكبيرة) حوالي 3400 ميجاواط بنهاية عام 2001، وهي تتجاوز 3٪ من السعة الإجمالية للطاقة المولدة في الهند (TERI 2002).

خصصت الوكالة الهندية لتنمية الطاقة المتجددة 44 مليار روبية (حوالي مليار دولار بأسعار الصرف الحالية [2002]) لمشاريع الطاقة المتجددة، والتي بلغ عددها 1400

مشروع في الفترة 1987-2000، ويشمل ذلك تمويل أكثر من نصف السعات المولـدة مـن طاقة الرياح (Bakthavatsalam 2001).

الجدول (4-6)

ترويج الطاقة المتجددة في الهند

السياسات	النتائج المتحققة اعتباراً من كانون الأول/ ديسمبر 2001
صناديق القروض الدوارة والقروض بفوائد منخفضة	1500 ميجاواط من طاقة الرياح
تسريع الاهتلاك (حوافز ضريبية)	360 ميجاواط من منشآت توليد الطاقة ذات المنشأ الحيوي
البحث والتطوير والتوعية	1400 ميجاواط من السعات الكهرمائية الصغيرة والصغيرة جداً
تطوير البنية التحتية للتصنيع والتسويق والخدمات	50 ميجاواط من الأنظمة الكهرضوئية
التدريب	ثلاثة ملايين محطة غاز حيوي
نشر المعلومات	430000 موقد طهو شمسي 550000 متر مربع من المجمعات الشمسية

المصدر: TERI 2002, Timilsina, Lefevere, and Uddin 2001.

لقد جرى تأسيس قاعدة قوية لتصنيع وتوزيع تقنيات الطاقة المتجددة، حيث بلغ عـدد الشركات العاملة في مجال تصنيع خلايـا وألـواح الأنظمـة الكهرضـوئية حـوالي 75 شركـة، ووصل عدد الأنظمة الكهرضوئية التي تم تركيبها إلى أكثر من 650000 تبلغ سعتها الإجمالية 50 ميجاواط اعتباراً من عـام 2001 (IEA 2001g). تـؤمّن الوكالـة الهنديـة لتنميـة الطاقـة المتجددة قروضاً بفوائد منخفضة وفترة سـداد طويلـة الأجـل لتـسهيل اسـتخدام الأنظمـة الكهرضوئية، وكان ذلك بموازاة إجراءات حكومية أخرى، مثل الحوافز الضريبية وتخفيض الرسوم الجمركية على الأنظمة الكهرضوئية خلال تسعينيات القرن الماضي.

بغض النظر عن هذا النجاح، يؤخذ على هذا البرنامج انحـصار تركيـز الوكالـة عـلى تمويل الأنظمة الكهرضوئية في القطاعين الصناعي والتجاري في المناطق الحـضرية، والتـي

تتميز بمستوى مجازفة مالية أقل، وتستطيع أن تستفيد من الحوافز الضريبية. كما يؤخذ على البرنامج أيضاً صعوبة الإجراءات الإدارية، وتدهور عملية ضبط الجودة (Cameron, Stierstorfer, and Chairamonti 1999, Miller and Hope 2000). وبقي أن نرى مدى إمكانية تأسيس شبكة من موردي الأنظمة الكهرضوئية ومراكز الخدمات، إضافة إلى خطط تمويلية صغيرة فعالة في المناطق الريفية غير الموصولة بالشبكة الكهربائية.

أما في مجال الطاقة الحيوية في الهند، فتبلغ سعة الأنظمة العاملة حوالي 360 ميجاواط، وهناك مثلها (حوالي 370 ميجاواط) قيد الإنشاء (Bakthavatsalam 2001, TERI 2002). وفي الهند استغلال تجاري لأنظمة تحويل الوقود الحيوي إلى غاز ذات السعات الصغيرة والمتوسطة، ومنذ عام 2001 تولد حوالي 1700 منشأة ما يعادل 35 ميجاواط (Jain 2000). وتم تحويل التطبيقات بمرور الوقت من مضخات الري (التي تتطلب دعماً كبيراً لأسعارها) نحو توليد الطاقة والحرارة بسبب مردودها الاقتصادي الأكبر.

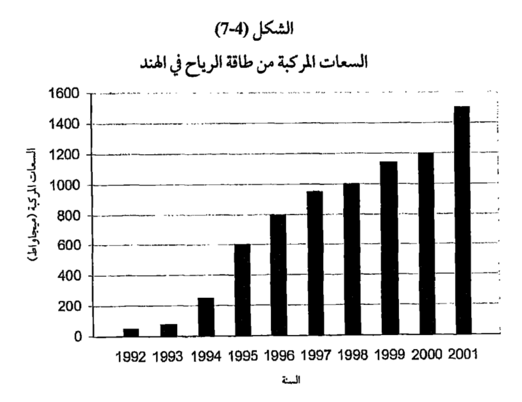
ويبلغ عدد محطات الغاز الحيوي العاملة في الهند أكثر من ثلاثة ملايين محطة، توفر سنوياً أكثر من ثلاثة ملايين طن متري من الفحم الخشبي سنوياً، وترفع من مستوى معيشة مالكيها هم وعائلاتهم، ويدعم تبني محطات الغاز الحيوي برنامجٌ وطني يشمل شبكة من مراكز تدريب وتطوير أنظمة الغاز الحيوي تتوزع 17 إقليماً في الهند، إضافة إلى دعم أسعار هذه الأنظمة، بنسبة تراوح بين الثلث وحتى النصف من كلفتها. ولكن بينت بعض الاستقصاءات التي جرت خلال منتصف تسعينيات القرن الماضي على 500 منشأة للغاز الحيوي أن 19٪ من هذه المنشآت لم تُستخدم، وأن نسبة 30٪ منها تعاني عيوباً كبيرة (Dutta et al. 1997). ونتيجة لذلك، أوصى المختصون بضرورة تدريب المستخدمين على التشغيل والصيانة بشكل أفضل، وتوسيع شبكة الفنيين العاملين في هذا الحقل وزيادة مهاراتهم.

تعمل في الهند حالياً عشرات الشركات في مجال إنتاج وتجميع تربينات الرياح، وذلك إما من خلال تراخيص من الشركات العالمية أو بالشراكة معها (Kamalanathan 1998).

إن معظم الأنظمة العاملة ذات ملكية خاصة، وفي بعض الولايات تقوم الوكالات الحكومية ومؤسسات الطاقة بتقديم دعم كبير لها. لقد ازداد بشكل كبير انتشار أنظمة طاقة الرياح خلال الفترة 1994-1996، لكنه تراجع في نهاية التسعينيات (الشكل 4-7). ويعود سبب هذا الانحسار إلى جملة من العوامل؛ أهمها: تخفيض قيمة الامتيازات الضريبية، وتقليص الدعم المقدم لتطوير طاقة الرياح في بعض الولايات، وسوء اختيار مواقع أنظمة الرياح في الماضي في بعض الحالات، وسوء أداء التربينات في حالات أخرى. وقد راوح متوسط استخدام السعة بين 12٪ و15٪ فقط في الفترة 1994-1996، مقارنة بحوالي 30٪ أو أكثر في أماكن أخرى في العالم. كما جرى تحفيز المشاريع الأولى عبر حوافز ضريبية مبالغ فيها (Mishra 2000, Rajsekhar, Van Hulle, and Jansen 1999).

الشكل (4-7)

السعات المركبة من طاقة الرياح في الهند



المصدر: Rajsekhar, van Hulle, and Jansen 1999, Martinot 2001.

ونتيجة لهذه المشكلات، دعا أنصار الطاقة المتجددة إلى تقويم أفضل للمصادر، وإعادة توجيه الحوافز وربطها بالأداء لتشجيعها (تقديم الحوافز على أساس الكيلوواط

الساعي المنتج وليس على الروبيات المستثمرة) وتحسين تصميم التربينات ومزارع طاقة الرياح، وتأسيس مراكز لتقنيات طاقة الرياح تضطلع بمهام متعددة، منها القيام بالمصادقة على الأنظمة وإجازتها، وإجراء الاختبارات والتدريب والدعم الفني لمؤسسي مشاريع طاقة الرياح (Rajsekhar, van Hulle and Jansen 1999).

ونتيجة لذلك، أسست وزارة موارد الطاقة غير التقليدية في الهند مركزاً لتقنيات طاقة الرياح في ولاية تاميل نادو، وبدأ المركز عمله باعتماد برنامج إجازة تربينات الرياح، والتخطيط للمواقع، والمساعدة في التوجيه للوصول إلى الخيارات المثلى (IEA 2001g). من جهة أخرى، قام صانعو التربينات بإجراء تحسينات على معدات تكييف أو تحويل الطاقة في التربينات الأحدث (Mishra 2000). ويبدو أن هذه الجهود قد بدأت تثمر، وبالفعل تزايد انتشار محطات طاقة الرياح من جديد، وتم تنفيذ مشروع بسعة 240 ميجاواط في ولاية ماهاراشترا عام 2001 (AWEA 2002).

بناء على النجاح الذي تكللت به جهود نشر الطاقة المتجددة في الهند، وضعت الحكومة الهندية نصب عينيها رفد الشبكة العامة بما يعادل 12000 ميجاواط من الطاقة المتجددة، وتركيب مليونين من أنظمة الإنارة المنزلية العاملة بالطاقة الشمسية، وتركيب مليون نظام تسخين ماء بالطاقة الشمسية، وبناء ثلاثة ملايين نظام جديد لتحليل الغاز الحيوي بحلول عام 2012 (Bakthavatsalam 2001). وإذا ما تحققت هذه الأهداف، فستشكل هذه الإضافة من الطاقة المتجددة ما يعادل 10٪ من مجمل السعات الكهربائية التي سيتم تجهيزها خلال الفترة 2002–2012. ولتحقيق هذه الأهداف الطموحة بحق لجأت الوكالة الهندية لتنمية الطاقة المتجددة إلى التوسع في نشاطات التمويل وتنمية السوق.

بإيجاز، يمكن القول إن الهند استطاعت أن تحقق قفزات كبيرة في تطوير بنية تحتية للإمدادات بتقنيات الطاقة المتجددة، وإنشاء سوق لها. وتشمل الاستراتيجية الهندية: حوافز تمويلية ومالية كبيرة، والبحث والتطوير والتوعية، وتنمية قطاع الأعمال في مجال الطاقة المتجددة، والقيام بحملات دعائية كبيرة. لقد رافق كل ذلك مصاعب مرتبطة بأداء

هذه التقنيات وببعض هذه السياسات، لكن الهند تعلمت من أخطائها وتجاوزتها، لذلك فإن المستقبل يبدو واعداً، وبخاصة إذا نظرنا إلى البنية التحتية التي أنشئت، والالتزام على مستوى رفيع بالطاقة المتجددة في الهند.

البرازيل: وقود الإيثانول

تقود البرازيل العالم في مجال الاعتماد على الطاقة المتجددة، إذ حصلت على 57٪ من حاجتها الإجمالية من إمدادات الطاقة من مصادر متجددة عام 2000 [4] (MME 2000). وتستمد البرازيل 38٪ من إمداداتها من الطاقة من مصادر مائية، وتشكل الطاقة الناتجة عن قصب السكر (وقود الإيثانول ومنتج ثانوي آخر هو التفل) حوالي 9٪، ويشكل الفحم الخشبي وحطب الوقود والمصادر المتجددة الأخرى حوالي 10٪. وقد أدى البرنامج القومي لوقود الكحول دوراً أساسياً في سياسات الطاقة البرازيلية خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية.

بدأ إنتاج وقود الإيثانول من قصب السكر عام 1975 للحد من استيراد النفط، ولفتح أسواق إضافية أمام منتجي السكر البرازيليين. وجرى تحفيز إنتاج وقود الإيثانول من خلال منظومة من السياسات:

1. تقديم قروض بفوائد منخفضة لبناء منشآت تقطير وقود الإيثانول.
2. تُلزم الحكومة شركات النفط الحكومية بشراء وقود الإيثانول، وبأسعار تشجيعية تؤمّن هامش ربح معقولاً للمنتجين.
3. تسعير وقود الإيثانول الصافي بحيث يصبح منافساً لمزيج الإيثانول والبنزين، ويفضل عليه من الناحية الاقتصادية.
4. تقديم حوافز ضريبية على المبيعات خلال ثمانينيات القرن الماضي لتحفيز شراء السيارات العاملة على الإيثانول الصافي.

وفي نهاية التسعينيات انتهى العمل بسياسة تنظيم الأسعار بعد أن حققت نتائج إيجابية نسبياً.

عارضت في البداية شركة النفط البرازيلية الوطنية (بتروبراس Petrobras) برنامج وقود الإيثانول، ولكن تمكن أنصار البرنامج من داخل الحكومة وخارجها من التغلب على هذه العقبة. وارتفع إنتاج وقود الإيثانول بسرعة خلال الفترة 1975-1985، ثم استقر كما هو واضح بالشكل (4-8)، ثم مالبث أن ازداد مرة أخرى في منتصف التسعينيات ليراوح الإنتاج بين 13 و13.5 مليار لتر سنوياً اعتباراً من أعوام 1997-1999 (MME 1999). ونمت زراعة قصب السكر المخصص لوقود الإيثانول لتصل إلى 2.7 مليون هكتار، وتعادل 5٪ من مساحة الأراضي المخصصة للزراعة (Moreira and Goldemberg 1999). ويعالَج قصب السكر هذا عبر 350 منشأة للقطاع الخاص لتقطيره.

الشكل (4-8)

إنتاج الإيثانول والاتجاهات العامة لأسعاره في البرازيل

المصدر: Moreira 2000, MME 2000.

كان الهدف الأساسي في الفترة الأولى من المشروع (1975-1979) إنتاج الإيثانول الخالي من الماء لمزجه مع البنزين باستخدام معامل التقطير المتوافرة، وإلحاق ذلك بمعامل

السكر الموجودة. وتلقى منتجو الإيثانول قروضاً مدعومة بشكل كبير لتمويل استثماراتهم (Geller 1985). وكان الوصول إلى الهدف المنشود تقريباً بحلول عام 1980 وهو تحقيق نسبة 20٪ إيثانول في مزيج مع البنزين.

قررت الحكومة التوسع في استخدام وقود الإيثانول على نطاق واسع عقب صدمة النفط الثانية التي حدثت عام 1979، حيث أثبت البحث والتطوير في المختبرات الممولة من قبل الحكومة الجدوى الاقتصادية للسيارات العاملة على الإيثانول. بناء على ذلك، وقعت الحكومة البرازيلية والشركات الصانعة للسيارات اتفاقاً لإنتاج السيارات العاملة على الإيثانول الصرف، على نطاق واسع ابتداءً من عام 1981 (Geller 1985). وبني عدد كبير من منشآت التقطير المستقلة وبدعم كبير من الحكومة، وجرى إنتاج الإيثانول المحتوي على الماء، وتضاعف إنتاجه أربع مرات في المرحلة الثانية من المشروع (1979–1989).

إن الجزء الأعظم من السيارات والشاحنات الخفيفة التي بيعت في البرازيل في الفترة 1983–1989 كانت تعمل على الإيثانول الصرف، وتم تحفيز الطلب على هذه السيارات بتخفيض ضريبة المبيعات عليها مقارنة بالسيارات العاملة على خليط من البنزين والإيثانول، ومن ثم تحديد سعر الإيثانول الصرف بحيث تصبح كلفة قيادة السيارات العاملة عليه أقل بقليل من السيارات الأخرى العاملة على مزيج من البنزين والإيثانول. وقامت الحكومة بشكل أساسي بدعم أسعار وقود الإيثانول من خلال تدوير جزء من الضرائب الباهظة التي تفرضها على البنزين لصالح هذا الدعم (Moreira and Goldemberg 1999).

خفضت الحكومة البرازيلية في ثمانينيات القرن الماضي من الدعم المالي الذي تقدمه لمنتجي الإيثانول، وخاصة بعد انهيار أسعار النفط العالمية عام 1986 (الشكل 4–8). واعترض منتجو الإيثانول على هذا الإجراء، وتوقفوا عن زيادة إنتاجهم من الإيثانول في أواخر الثمانينيات، وهو ما أدى إلى حدوث نقص في الإيثانول، وظهرت الحاجة إلى

استيراد الإيثانول والميثانول في مطلع التسعينيات، وأُوقفت الحوافز الاقتصادية للسيارات العاملة على الإيثانول الصرف، وهو ما أدى إلى خفض كبير في إنتاجها في أغلب عقد التسعينيات، ولم يبق هناك داعٍ لاستيراد الوقود الكحولي بعد عام 1996.

بعد الاضطراب السياسي والاقتصادي الشديد الذي عصف بالبرازيل مطلع التسعينيات، أكدت الحكومة البرازيلية على تخفيض التضخم وخفض الإنفاق الحكومي، ونتيجة لذلك استمرت الحكومة في تخفيض السعر الذي تدفعه لمنتجي الإيثانول، حيث كان لهذا بعض الآثار الإيجابية المتمثلة في الضغط على المنتجين لتخفيض الكلفة وتحسين الإنتاجية. ويعادل السعر الذي مازال يُدفع لمنتجي الإيثانول منذ عام 1996–1997 ضعف سعر البنزين، برغم أن كلفة إنتاج الإيثانول قد انخفضت إلى الثلث على مدار أعوام 1980–1996.

ومع ذلك بدأ إنتاج الإيثانول بالارتفاع مجدداً عام 1996، وذلك لعدة أسباب رئيسية منها: ارتفاع الطلب على الوقود، والانخفاض المستمر في الكلفة، وظروف السوق المواتية. ويغطي الإيثانول منذ عام 1998 ثلث احتياجات السيارات والشاحنات الخفيفة من الطاقة في البرازيل.

إضافةً إلى هذه السياسات، أسس منتجو الإيثانول في ولاية ساو باولو مركزاً للبحث والتطوير ولنقل التقانة. لقد كان المركز فعالاً جداً في تحسين إنتاجية الإيثانول وقصب السكر وتخفيض الكلفة، حيث زادت إنتاجية قصب السكر، وارتفع مستوى السكروز نتيجة استخدام أنواع جديدة من قصب السكر، وإدارة الحقول بشكل أفضل. ويعود السبب في زيادة إنتاجية الإيثانول إلى التحسن المستمر في التحكم بالعملية، وتطوير معدات التخمير، وتحسين استنبات الخميرة، وتحسين أجهزة التقطير، وغير ذلك. كما لعب برنامج المعايير في ولاية ساو باولو دوراً مهماً في نقل التقانة وسرعة نشرها (Carvalho 1998). لقد مكّن هذا المركز البرازيل من أن تتبوأ مركزاً ريادياً على مستوى العالم في مجال إنتاج قصب السكر وتقنيات تحويل الإيثانول.

وكان للدعم الذي قدمته الحكومة لأسعار الإيثانول واستخدامه على مدى خمسة وعشرين عاماً ما يبرره، حيث كان لذلك آثار إيجابية مختلفة، سواء اقتصادياً أو بيئياً أو اجتماعياً، وذلك عن طريق البرنامج القومي لوقود الكحول. لقد كان لإنتاج الإيثانول من قصب السكر أثر إيجابي على ميزان المدفوعات، وتخفيض البطالة، والضغوط على المناطق الحضرية، إضافة إلى مكاسب إيجابية أخرى على صعيد البيئة المحلية والعالمية.

وبالعودة إلى ميزان المدفوعات، فقد وفر إنتاج الإيثانول خلال الفترة 1976–1996 للبرازيل 33 مليار دولار، مقابل النفط الذي كان يجب استيراده (وفق أسعار الدولار عام 1996)، وهذا يعادل 50 مليار دولار إذا أخذنا بالاعتبار أن هذه المستوردات النفطية تمول جزئياً بالدَّين (Moreira and Goldemberg 1999)، وهذا يعادل تقريباً الاحتياطي البرازيلي من العملات الصعبة.

يوفر العمل في مجال قصب السكر والإيثانول حوالي 700 ألف فرصة عمل في المناطق الريفية، ما يجعله أكبر قطاع صناعي ـ زراعي للتوظيف في البرازيل (Moreira and Goldemberg 1999). ويتقاضى العاملون في هذا القطاع أجوراً معقولة ضمن بيئة عمل مستقرة، وبالمقارنة مع القطاعات الزراعية الأخرى في البرازيل فإن مؤشر العمل الموسمي في هذا القطاع منخفض نسبياً (Moreira and Goldemberg 1999). إضافةً إلى ذلك، فإن نسبة الاستثمارات إلى العاملين في هذه الصناعة هي أقل بكثير من المعدل المتوسط للقطاعات الصناعية الأخرى، وهي أقل بعشرين مرة مقارنة مع الصناعات البتروكيماوية (Oliveira et al. 1998).

لقد أدى استخدام وقود الإيثانول في السيارات إلى تخفيض انبعاثات المركبات الهيدروكربونية والرصاص والكبريت وغاز أول أكسيد الكربون، بينما حافظت أكاسيد الآزوت (NO_X) على مستواها. وأدى الإيثانول دوراً مهماً في تحسين مواصفات الهواء في المدن الكبرى في البرازيل (Rosillo-Calle and Cortez 1998). ونتيجة لاستخدام الإيثانول بدلاً من البنزين، انخفضت الانبعاثات الكربونية في البرازيل بمقدار 13 مليون

طن متري، أي ما يعادل 30٪ تقريباً من الانبعاثات الكربونية الفعلية الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري (Carvalho 1997).

من جهة أخرى فإن حرق أوراق قصب السكر والأجزاء العليا منه في الحقول يؤدي إلى تلوث على النطاق المحلي، وهذا ما دعا الحكومة البرازيلية للتصدي لهذه الظاهرة بسن تشريعات تكافح هذه الظاهرة وتمنعها تدريجياً (Moreira 2000).

في نهاية التسعينيات من القرن الماضي حررت الحكومة أسعار الإيثانول تاركة للسوق تحديد سعره، ونتج عن ذلك تخفيض آخر لسعر الإيثانول للمستهلك، الذي وصل إلى 30 سنتاً أمريكياً لكل لتر، بينما كان سعر لتر البنزين 36 سنتاً في منتصف عام 2002. وهذا ما أعاد الإيثانول الصافي إلى دائرة اهتمام الشركات الصانعة للسيارات والمستهلكين. وبدأ إنتاج السيارات العاملة على الإيثانول بالتصاعد اعتباراً من عام 1999 مدفوعاً جزئياً بالارتفاع الذي طرأ على أسعار النفط العالمية أواخر عام 1999 وعام 2000، وارتفعت مبيعات السيارات العاملة على الإيثانول الصرف إلى نحو 20000 سيارة عام 2001. وتدرس الشركات المصنعة للسيارات إمكانية تصنيع سيارات ثنائية الوقود يمكن أن تعمل على الإيثانول الصافي أو على مزيج من البنزين والإيثانول.

ونظراً للمساهمات الإيجابية الكبيرة لبرنامج وقود الإيثانول اقتصادياً واجتماعياً وبيئياً، تبنت الحكومة البرازيلية مبادرات جديدة لتحفيز الطلب على الإيثانول اعتباراً من عام 1998، ومن بين هذه المبادرات رفع نسبة الإيثانول في المزيج مع البنزين إلى نسبة 24٪ اعتباراً من بداية عام 2002، والطلب من الهيئات الفيدرالية شراء السيارات الجديدة العاملة على الإيثانول الصرف، واختبار إمكانية إضافة الإيثانول إلى وقود الديزل، حيث تبين أن إحدى الاستراتيجيات الناجحة لتخفيض انبعاثات الجزيئيات الدقيقة من محركات الديزل هي بإضافة ما نسبته 3-11٪ إلى وقود الديزل (Moreira 2000). ويمكن استخدام نسبة 3٪ من الإيثانول مباشرة، بينما تحتاج النسب العليا إلى إضافة مواد خاصة تزيد من كلفة الوقود.

ومنذ عام 2000 كرست جهود كبيرة للبحث عن استخدامات جديدة لبقايا قصب السكر والإيثانول، مثل استخدام الدارة المركبة لإنتاج الكهرباء من التفل وأوراق قصب السكر، وإنتاج علف الحيوانات، وتحويل البقايا إلى إيثانول إضافي باستخدام عملية التحليل الحامضي أو التحويل الإنزيمي، واستخدام المنتجات الأخرى لقصب السكر (Moreira 2000). وما لا شك فيه أن هذه المبادرات ستفتح الباب بشكل أوسع أمام برامج الإيثانول، وستوسع من استخدام الوقود الحيوي في البرازيل.

تستخدم منشآت تقطير الإيثانول التوليد باستخدام الدارة المركبة حالياً لإنتاج البخار والكهرباء للاستخدامات الداخلية في المنشأة، ولكن يتم ذلك بكفاءة منخفضة بسبب عدم إمكانية بيع الفائض من الطاقة، سواء إلى مؤسسات الطاقة أو إلى المستهلكين النهائيين. وتتغير التشريعات لعدة أسباب، منها تشجيع منشآت التقطير (وقطاعات الأعمال الأخرى) على توليد وبيع الطاقة الكهربائية الفائضة، للتغلب على عجوزات الطاقة المحتملة في المستقبل.

وفي عام 2002 كان تبني قانون جديد يطالب شركات توزيع الطاقة بأن تدفع 80٪ من متوسط سعر للكهرباء للكهرباء الفائضة الناتجة عن مشاريع توليد الطاقة المشتركة الحيوية (وكذلك من طاقة الرياح، ومن المصادر الكهرمائية ذات السعات الصغيرة) على مدى خمسة عشر عاماً. ويتوقع أن يؤدي هذا المشروع إلى تشجيع مالكي منشآت تقطير الإيثانول على ضخ استثمارات كبيرة في أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة الأكثر كفاءة العاملة على تفل قصب السكر (Moreira 2000).

ويمكن أن يؤدي التبني الكامل لاستخدام المراجل ذات الضغط العالي، والتربينات البخارية الأكثر كفاءة، مع التشغيل لفترات مستمرة على مدار السنة، إلى توليد 31 تيراواط ساعي من الطاقة الكهربائية اعتماداً على التوليد من مصادر حيوية من منشآت التقطير، وهي تساوي تقريباً ثمانية أضعاف ما تم توليده عام 2000 (Moreira, Goldemberg, and Coelho 2002).

وسيستمر برنامج الإيثانول في مواجهة تحديات عديدة، وخاصة بعد إحالة أسطول السيارات العاملة على الإيثانول الصرف، والتي صُنعت في ثمانينيات القرن الماضي، إلى التقاعد. ويتكون مزيج وقود الإيثانول من 56٪ من الإيثانول المحتوي على الماء الذي يستخدم في السيارات العاملة على الإيثانول الصرف، و44٪ من الإيثانول الخالي من الماء الذي يمزج مع البنزين (MME 1999). وسينخفض الطلب على الإيثانول المحتوي على الماء بشكل كبير ما لم يجر تعزيز السياسات اللازمة لتشجيع شراء السيارات الجديدة العاملة على الإيثانول، والسعي إلى منافذ جديدة مثل خلط الإيثانول بوقود الديزل.

بإيجاز، كان برنامج وقود الإيثانول البرازيلي ناجحاً لأسباب عديدة: أولاً؛ بدأ مرتكزاً على قاعدة صناعية قوية (صناعة قصب السكر في البرازيل) وشق طريقه من خلال القطاع الخاص. ثانياً؛ قدمت الحكومة دعماً قوياً ومتواصلاً نسبياً، ربما بسبب العدد الكبير من الوظائف التي أوجدها البرنامج. ثالثاً؛ يتصف البرنامج بأنه وطني المنشأ ولم يعتمد على التقنية الأجنبية أو المساعدات الخارجية. رابعاً؛ تميز البرنامج بالحوافز المالية الكبيرة واحتياطيات السوق، وهي السياسات التي أحدثت تغيراً ملموساً. أخيراً، تضمن البرنامج البحث والتطوير على نطاق كبير وتطورات تقنية مستمرة.

الدنمارك: انتشار طاقة الرياح

بدأت الدنمارك برنامج التوسع في طاقة الرياح عام 1976 كجزء من خطتها العامة في مجال الطاقة، وكان الهدف الأولي للبرنامج خفض المستوردات النفطية وأشكال الطاقة الأخرى، لكن حماية البيئة أصبحت هدفاً مهماً أيضاً منذ ثمانينيات القرن الماضي (Moore and Ihle 1999). وشرعت الحكومة الدنماركية منذ سبعينيات القرن الماضي ببرامج البحث والتطوير والتوعية، وتبنت سياسة دعم رأس المال لتحفيز تطوير قطاع طاقة الرياح.

وخلال المدة 1976-1996 أُنفق حوالي 75 مليون دولار على البحث والتطوير والتوعية والاختبارات، أي ما يعادل 10٪ من ميزانية الطاقة الدنماركية (EIA 1999). لقد

ساعد هذا الدعم الشركات الدنماركية، مثل شركة فيستاس Vstas وشركة إن إي جي ميكون NEG Micon في تطوير تربينات رياح ذات أداء عال وكلفة منخفضة. وموّلت الحكومة الدنماركية أيضاً برنامج وضع خرائط لمصادر طاقة الرياح، وبرنامج إجازة تربينات الرياح الذي أثبت فعاليته في التوسع في تبني طاقة الرياح (Krohn 2002a).

سنت الحكومة الدنماركية قانوناً يقضي بتقديم دعم مالي يعادل 30٪ من كلفة الاستثمارات في طاقة الرياح، منذ عام 1979. ومع الانخفاض المستمر في كلفة تربينات الرياح ونمو قطاع صناعة طاقة الرياح، أوقف هذا الدعم عام 1989 (Moore and Ihel 1999)، وتحول الدعم المالي إلى دفعات مضمونة لإنتاج طاقة الرياح (هذا يعني شكلاً من أشكال قانون التغذية بالطاقة الكهربائية electricity feed-in-law). وطلب من مؤسسات الطاقة الدنماركية شراء الطاقة من المنشآت الرياحية بسعر يعادل 85٪ من سعر مبيع التجزئة للطاقة الكهربائية، وهذا يعادل 9 سنتات لكل كيلوواط ساعي. وفرضت أيضاً ضرائب على الوقود الأحفوري، على أن يخصص جزء من عوائد هذه الضريبة لمشاريع دعم مصادر الطاقة المتجددة، بسبب ميزاتها البيئية الكبيرة. وتلقّى منتجو طاقة الرياح حوالي 3.8 سنتات لكل كيلوواط ساعي من نظام دعم الأسعار (Moore and Ihle 1999).

لقد انخفضت كلفة طاقة الرياح بشكل مستمر مع التطور التقني، وزاد الإنتاج بشكل سريع خلال تسعينيات القرن الماضي (Turkenburg 2000). إن هذا العامل إضافةً إلى السياسات المذكورة أعلاه جعلت طاقة الرياح فعالة من حيث الكلفة للمالكين الخاصين ومؤسسات الطاقة في الدنمارك (IEA 1997b). وارتفعت السعات المنتجة من طاقة الرياح من 300 ميجاواط عام 1990 لتصل إلى ما يزيد على 2400 ميجاواط عام 2001 (الشكل 4-9). وتمكنت الدنمارك من تحقيق هدفها وهو أن تساهم الرياح بنسبة 10٪ من الطاقة الكهربائية للبلاد، وذلك قبل وقت طويل من حلول الموعد المحدد والمقرر عام 2005. في الواقع استمدت الدنمارك ما يعادل 15٪ من حاجتها من الطاقة الكهربائية

من الرياح في الفترة 2000-2001 (BTM Consult 2001). ونتيجة لـذلك فقـد حـدث تخفيض الانبعاثات من غاز ثاني أكسيد الكربون في الدنمارك بحوالي 3.5 ملايين طن متري ومن غاز ثاني أكسيد الكبريت بحوالي 6500 طن، ومن أكاسيد النيتروجين بحـوالي 6000 طن متري عام 2001، وكل هذا تم بفضل توليد الطاقة من الرياح (DWIA 2002).

الشكل (4-9)

سعة طاقة الرياح المركبة في الدنمارك

المصدر: IEA 1997a, Gipe 2000, Pollard 2001.

تستمر الشركات الدنماركية المصنعة لتربينات الرياح في تطوير تصاميم مبتكرة تتضمن وحدات كبيرة السعة (2-5 ميجاواط) للتطبيقات في البحر، وقد دشنت أول مزرعة طاقة رياح بحرية تشمل 20 تربينة (سعة كل واحدة 2 ميجاواط) عام 2001. هذه التربينات المبتكرة التي يصل قطر الجزء الدوار فيها إلى 72 متراً يتوقع أن تنتج سنوياً حوالي 4 جيجاواط ساعي في ظروف الرياح الطبيعية في الدنمارك. وقامت مؤسسات الطاقة في الدنمارك بتركيب مزرعتين لطاقة الرياح بسعة 160 ميجاواط لكل واحدة في بحر الشمال وبحر البلطيق خلال الفترة 2002-2003 (Krohn 2002b).

تساهم صناعة طاقة الرياح بشكل كبير في الاقتصاد الدنماركي، وخلال الفترة 2000–2001 تم تصنيع أكثر من 50٪ من تربينات الرياح على مستوى العالم في الدنمارك. وبلغت عائدات قطاع صناعة الرياح حوالي 2.7 مليار دولار عام 2001، وبلغ عدد العاملين في هذا القطاع حوالي 20000 في العام نفسه (DWIA 2002).

وتمتلك شركات صناعة تربينات الرياح حصة كبيرة من السوق في الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا ودول أوربية أخرى، إضافة إلى شراكات ناجحة أخرى مع الهند وإسبانيا. وافتتحت الشركات الدنماركية منشأة لتجميع التربينات الرياحية ولتصنيع شفراتها في الولايات المتحدة أواخر تسعينيات القرن الماضي، وتعتبر هذه المرة الأولى منذ سنين عديدة تبنى فيها منشأة كهذه في الولايات المتحدة.

تشجع الحكومة الدنماركية امتلاك أنظمة الطاقة من قبل النقابات أو التعاونيات، ويبلغ عدد العائلات الدنماركية التي تمتلك تربينات رياح أو لها حصة في التعاونيات حوالي 100 ألف عائلة، وهو ما يؤمّن دعماً شعبياً واسعاً لطاقة الرياح ونفوذاً سياسياً كبيراً من خلال جمعية مالكي التربينات الرياحية الدنماركية (Moore and Ihle 1999). وتمارس هذه الجمعية على سبيل المثال دوراً كبيراً في تأسيس نظام تأمين لمالكي التربينات الرياحية. وتعود ملكية أكثر من 80٪ من تربينات الرياح في الدنمارك إلى التعاونيات أو المزارعين.

بإيجاز، قامت الحكومة الدنماركية برعاية تطوير تصاميم ذات مستوى عالمي للتربينات الرياحية، وإنشاء قاعدة تصنيعية قوية، وأسواق راسخة للطاقات المتجددة، باعتماد سياسة الدفع التقني وسحب الطلب. لقد أثبت برنامج طاقة الرياح الدنماركي أنه يمكن تحقيق أهداف طموحة في مجال الطاقة المتجددة، إذا ما توافرت الحوافز المالية الكافية والمستمرة، إضافة إلى إجراء تطورات تقنية، وتطوير للسوق، حيث عدِّلت الحوافز المالية مع نضج التقنيات، لكن ذلك كان من دون التنازل عن التوسع المنتظم في سوق طاقة الرياح، وكذلك حُشد تأييد سياسي كبير للبرنامج من خلال بناء القاعدة الصناعية، واستقطاب أكبر عدد ممكن من المواطنين لامتلاك مشاريع في هذا المجال.

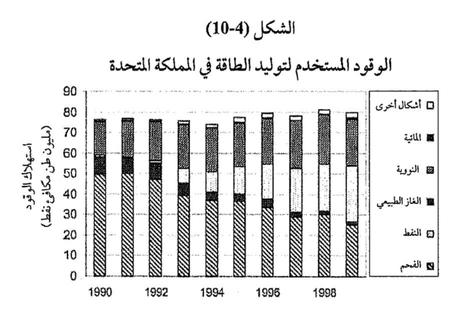
المملكة المتحدة: التحول في توليد الكهرباء من الفحم إلى الغاز الطبيعي

لقد أدت عملية إعادة الهيكلة التي تمت في تسعينيات القرن الماضي في المملكة المتحدة إلى آثار إيجابية كبيرة على البيئة، شملت تخفيضات كبيرة على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. ومنذ عام 1990 تم تخصيص معظم قطاع الطاقة وإعادة هيكلتها، ونجم عن ذلك رفع حدة المنافسة، ووقف الدعم الموجه لإنتاج الفحم، وتخصيص وتحرير قطاع إنتاج الغاز الطبيعي، وتنفيذ تشريعات لتخفيض انبعاث المواد التي تؤدي إلى تشكل الأمطار الحمضية (Eikeland 1998).

لقد نجم عن هذه السياسات انتشار سريع في استخدام توليد الطاقة الكهربائية بنظام الدارة المركبة العاملة على الغاز الطبيعي، من قبل مؤسسات الطاقة الكهربائية التي جرت خصخصتها ومن المنتجين المستقلين للطاقة. وساهم الغاز الطبيعي بحصة في سوق توليد الطاقة الكهربائية تعادل 34٪ عام 1999، ولم يكن الغاز الطبيعي يساهم قبل التسعينيات في توليد الطاقة الكهربائية (Eyre 1999, Scullion 2001). وهبط إنتاج الطاقة من الفحم من نسبة 65٪ عام 1990 إلى حوالي 32٪ عام 1999 (الشكل 4-10).

الشكل (4-10)

الوقود المستخدم لتوليد الطاقة في المملكة المتحدة



المصدر: Eyre 1999, Scullion 2001.

أدى التحول نحو استخدام الغاز الطبيعي بدلاً من الفحم في توليد الطاقة الكهربائية إلى تخفيض الانبعاثات الكربونية، بمقدار يعادل 14 مليون طن متري تقريباً خلال الفترة 1990-1997، ويكافئ حوالي 8٪ من الانبعاثات الكربونية الإجمالية للمملكة المتحدة. (Eyre 1999). ويعود الفضل في تحقيق ذلك لسببين: الأول هو التحول نحو الغاز الطبيعي ويتميز كما هو معروف بمحتوى كربوني أقل بكثير من الفحم، والثاني يتلخص في التحسينات الكبيرة التي تمت على كفاءة عمل محطات توليد الطاقة الكهربائية، والتحول نحو المحطات الحديثة العاملة على مبدأ الدارة المركبة.

ومن السياسات الأخرى التي ساهمت في عملية تخفيض الانبعاثات الكربونية أيضاً إجراء تحسينات على أداء محطات الطاقة النووية، وتشجيع التوليد بالدارة المركبة للحرارة والطاقة باستخدام أنظمة الدارة المشتركة. ويجب أن نذكر أيضاً الدور الفاعل الذي لعبه قانون الالتزام بالوقود غير الأحفوري، الذي تطرق إليه الفصل الثالث، وأدى إلى ارتفاع مساهمة الطاقة المتجددة إلى 2.5٪ من إجمالي إمدادات الطاقة (Eyre 1999).

بعد انتخابات عام 1997 اتُّخذت خطوات إضافية جديدة لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى، حيث وضعت الحكومة المنتخبة آنذاك هدفاً يتمثل في أن تكون نسبة 10٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية عام 2010 من مصادر متجددة، على أن يضاعَف توليد الطاقة عبر أنظمة التوليد ذات الدارة المركبة في هذه الأثناء.

واعتُمدت وفرضت ضريبة تسمى ضريبة التغيرات المناخية على الوقود الأحفوري والطاقة الكهربائية التي يجري شراؤها من مصادر غير متجددة من قبل قطاع الأعمال عام 2001. ولكن من جهة أخرى، حدث تعليق مؤقت للموافقات على إنشاء محطات التوليد الجديدة ذات الدارة المشتركة، بسبب المخاوف من حدوث انخفاض آخر كبير وسريع على استخدام الفحم (Eyre 1999).

تاريخياً أعطت هذه السياسة قوة دفع نحو الأمام لمحطات الطاقة العاملة على مبدأ الدارة المشتركة، لأنها كانت معفاة من التعليق السابق، ومالبث أن ألغي التعليق وكان

إحلال محطات جديدة تعمل وفق الدارة المشتركة محل عدد من محطات التوليد العاملة على الفحم. ونتيجة لذلك فإن 39٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية في المملكة المتحدة تأتي من محطات التوليد العاملة على الغاز الطبيعي (IEA 2001e).

بإيجاز، يمكن القول إن تجربة المملكة المتحدة قد أظهرت أن إعادة الهيكلة وزيادة حدة المنافسة في قطاعات الطاقة والوقود، توافقت مع حماية البيئة وخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. لكن لا يمكن ضمان الحصول على هذه النتائج الإيجابية، وتأكيداً لهذا فإن إعادة هيكلة قطاع الطاقة في الولايات المتحدة قد أدت إلى الاعتماد بدرجة أعلى على الفحم ذي الكلفة المنخفضة في توليد الطاقة الكهربائية.[5] واتخذت الحكومة البريطانية إجراءات خاصة لوقف دعم أسعار استخراج الفحم، وتبني معايير خاصة بالانبعاثات أشد صرامة، وقامت بتشجيع أنظمة التوليد المشتركة للحرارة والطاقة الكهربائية، لتحقيق هذه الآثار الإيجابية على البيئة بالتوافق مع إعادة هيكلة قطاع الطاقة الكهربائية.

الإطار (4-1)

التحولات الهيكلية في الشركات

بدأت بعض الشركات المتعددة الجنسيات بإجراء تحولات باتجاه المستويات العالية لتحسين كفاءة الطاقة، والاعتماد بدرجة أكبر على الطاقة المتجددة، وذلك بسبب الأخطار المرافقة للتغيرات المناخية والسياسات التي نجمت عن هذه الأخطار. وتتمتع هذه الشركات برؤية مستقبلية، وتؤمن بضرورة التشريعات التي تحد من غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة، وتضع نفسها في مقدمة أولئك المنضوين تحت لواء هذه التشريعات. من جهة أخرى، تعتقد هذه الشركات أن تقنيات الطاقة النظيفة وذات الكفاءة العالية لها مستقبل واعد وتشكل سوقاً ضخمة ومصدراً كامناً كبيراً للأرباح، ونستعرض هنا ما تقوم به بعض هذه الشركات:

تعهدت شركة بريتيش بتروليم British Petroleum (BP) بتخفيض ما تطلقه من غازات الدفيئة بنسبة 10٪ عن المعدل السائد عام 1990، وذلك بحلول عام 2010. وأعلنت الشركة عام 2002 أنها تمكنت من تحقيق هذا الهدف قبل ثماني سنوات من الموعد المحدد. ومن جهة أخرى، أنشأت الشركة قسماً مخصصاً للطاقة المتجددة خصصت له 100 مليون دولار سنوياً، ويتوقع أن ينمو هذا القطاع بنسبة 40٪ عام 2002.

تعهدت شركة رويال دوتش/ شل Royal Dutch/Shell بتخفيض نسبة ما تطلقه من ثاني أكسيد الكربون بنسبة 10٪ عن المستوى المحدد عام 1990، وذلك بحلول عام 2002. في الواقع، تمكنت الشركة من تنفيذ هذا الالتزام بحلول عام 2000 من خلال مجموعة من الإجراءات، شملت تقليل حرق الغاز، ونظاماً داخلياً لتجارة الانبعاثات، وأنشأت شل شركتين هما: شل رينيوابلز Shell Renewables وشل هيدروجين Shell Hydrogen.

تعهدت شركة دوبونت DuPont بتخفيض ما تطلقه من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 65٪ عن المستوى السائد عام 1990، وذلك بحلول عام 2010. وقد حققت الشركة بالفعل تخفيضاً مقداره 50٪، ويعود السبب الرئيسي في ذلك إلى تغيير طريقة تصنيع النايلون، ومن جهة أخرى، تعهدت بالحصول على 10٪ من إمداداتها من الطاقة من مصادر متجددة عام 2010.

تعهدت شركة ألكوا Alcoa بتخفيض نسبة ما تطلقه من غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 25٪ عن المستوى السائد عام 1990، وذلك بحلول عام 2010. وستتجاوز هذا المعدل إذا حالف النجاح التقنية التي تطورها والمسماة تقنية القطب الموجب الخامل inert anode technology وثبت جدواها التقني والتجاري.

تعهدت شركة آي بي إم IBM بتخفيض استخدامها للطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة المتعلقة بها بنسبة 4٪ سنوياً خلال الفترة 1998-2004. وتعهدت أيضاً برفع كفاءة منتجاتها وتخفيض الانبعاثات الناتجة من صناعة أشباه الموصلات. لقد أثمرت جهودها في تخفيض استخدامها للطاقة والانبعاثات بنسبة 5٪ عام 2000.

تعهدت شركة يونيتد تكنولوجيز United Technologies Corp بتخفيض استهلاكها من الطاقة كنسبة من مبيعاتها بواقع 25٪ عن المعدل السائد عام 1997، وذلك بحلول عام 2007. وقد تمكنت من خفض استخدامها للطاقة بالنسبة لكل دولار من ريعها بنسبة 22٪، وخفضت استهلاكها من الطاقة كقيمة مطلقة بنسبة 15٪ خلال الفترة 1997-2000.

لقد أدركت هذه الشركات أنه يمكن تحقيق تخفيضات كبيرة في استخدام الطاقة والانبعاثات إذا ما توافرت بعض الشروط، مثل وضع التزام، وتأسيس أنظمة لتحديد ثم تنفيذ التحسينات، والقيام بعملية مستمرة لإجراء تحسينات ضمن إطارها الصحيح. لقد أدركت هذه الشركات أيضاً أن استراتيجية الطاقة النظيفة ستنعكس إيجابياً على البيئة وعلى النتيجة النهائية لأعمال الشركة.

المصدر: Dunn and Flavin 2002; Lazaroff 2002; Margolick and Russell 2001.

الخلاصة

تبين هذه الحالات الدراسية أنه بالإمكان تحقيق تقدم كبير على صعيد كفاءة الطاقة واستخدام واسع للطاقات المتجددة على المستوى القومي والقطاعي، من خلال تبني مجموعة من السياسات المتكاملة. إن المعدل السريع في تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة والوارد في هذه الأمثلة أكبر بكثير مما حدث في دول أخرى، حيث كانت السياسات ضعيفة أو غير موجودة، ويتضح أيضاً أن هذه المعدلات العالية التي جرى تحقيقها إنما حدثت في دول صناعية ونامية على حد سواء، وهذا يؤكد إمكانية أي دولة في التغلب على العقبات التي تقف في وجه تطور تقنيات الطاقة النظيفة، وذلك من خلال المبادرات السياسية المعدة بعناية والمنفذة بشكل جيد.

تشير الحالات الدراسية أيضاً إلى أن هناك مجموعة متنوعة من السياسات التي يمكن أن تكون فعالة. شملت بعض الأمثلة تشريعات قوية، أو فرض التزامات على السوق، بينما اعتمدت أمثلة أخرى الاتفاقيات الطوعية، والتمويل، وإصلاح الأسعار، والحوافز المالية، كأدوات سياسة أساسية. لقد لعبت الحوافز المالية دوراً أساسياً لكن ليس في كل الحالات الدراسية، إذ تضمنت جميع الحالات الدراسية التزاماً ودعماً حكومياً على درجة عالية، إضافة إلى مشاركة وتنفيذ فاعلين من القطاع الخاص. وكان لعملية تنمية القدرات دور أساسي في معظم الحالات الدراسية المطروحة.

تبين الحالات الدراسية أيضاً أهمية أن تتواصل الجهود لمدة عشر سنوات في بعض الحالات، وفي حالات أخرى لمدة 20 عاماً. لقد تطورت هذه السياسات بمرور الزمن مع تطور التقنيات، فعلى سبيل المثال تراجع التمويل الحكومي للبحث والتطوير، وكذلك الحال بالنسبة للحوافز المالية مع نمو أسواق تقنيات كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وانخفاض الكلفة. واستدعت الضرورة في حالات معينة تحديث التشريعات أو

الاتفاقيات الطوعية، أو تبني سياسات إضافية للمحافظة على استمرار نمو أسواق تقنيات كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة حتى تنضج الأسواق.

تتضمن الحالات الدراسية معطيات عن المكاسب الاقتصادية والبيئية، وفي بعض الحالات جرى التطرق إلى المكاسب الاجتماعية للمشاريع الكبيرة لتحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة. استناداً إلى هذه الأمثلة يمكن القول إن نمو قطاع الطاقة النظيفة يعطينا كثيراً من الفوائد منها: خفض فواتير الطاقة، وزيادة عدد الوظائف، وخفض انبعاثات المواد الملوثة، وخفض المستوردات من الطاقة.

يتطرق الفصلان القادمان إلى تحليل استراتيجيات الطاقة النظيفة الشاملة في بلدين هما الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل. تؤكد هذه الدراسات التحليلية العميقة لمجموعة واسعة من السياسات الموجهة نحو تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة على المستوى القومي أن تنمية الطاقة النظيفة مسألة رابحة للجميع.

الفصل الخامس

الولايات المتحدة الأمريكية: السياسات والسيناريوهات

برغم أن سكان الولايات المتحدة الأمريكية يشكلون ما نسبته 4.6٪ من سكان العالم، فإنهم يستهلكون ما يعادل 26٪ من مختلف أشكال الطاقة، وحوالي 30٪ من الطاقة الكهربائية الإجمالية في العالم (BP 2001, EIA 2001b). أما بالنسبة لنصيب الفرد من الطاقة فإن المعدل في الولايات المتحدة يساوي ضعفين ونصفاً للمعدل السائد في أوربا الغربية، وثمانية أضعاف نظيره في أمريكا اللاتينية، وأكثر من عشرة أضعاف المعدل في الصين وأربعة عشر ضعف المعدل السائد في الدول النامية في آسيا وأفريقيا (UNDP 2000.)[1] وكما يتضح من البيانات السابقة فإن الولايات المتحدة تساهم في المشكلات البيئية العالمية بنصيب كبير لا يتناسب وعدد سكانها، بسبب استخدامها الوقود التقليدي.

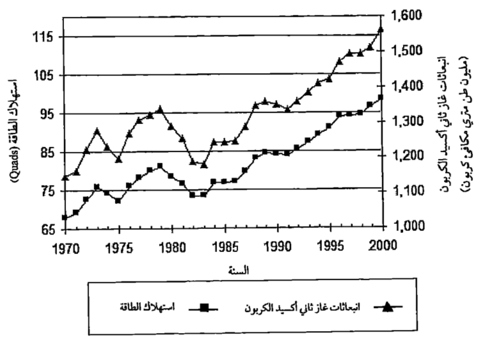
يساهم الثراء وعدم الكفاءة في ظاهرة فرط استهلاك الطاقة هذه، فإذا عدنا إلى السيارات وكيفية استخدامها وجدنا أن نصيب كل فرد يحمل رخصة قيادة[2] هو 1.1 سيارة، وكل عائلة من ستة أشخاص تمتلك على الأقل ثلاث سيارات، وعدد الرحلات بالسيارة براكب واحد في تزايد مستمر، ويبلغ متوسط المسافة التي تقطعها السيارة الواحدة 11800 ميل (نحو 19 ألف كيلومتر) سنوياً، وتبلغ المسافات الإجمالية التي تقطعها السيارات بشكل إجمالي في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 2.5 تريليون ميل (نحو 4 تريليونات كيلومتر) سنوياً. وما يزيد الوضع سوءاً انتشار السيارات التي تستهلك الوقود كثيراً، كسيارات الشحن الخفيفة، والميني فان، وسيارات الدفع الرباعي، وهي تشكل حوالي 40٪ من السيارات العاملة على الطرقات الأمريكية (Davis 2001). وارتفع

متوسط معدل استهلاك السيارات الحديثة من الوقود خلال الخمسة عشر عاماً الماضية، بسبب انتشار الشاحنات الصغيرة التي تستهلك الوقود كثيراً (EPA 2000).

نتيجة للعوامل السابقة، فليس مفاجئاً أن استهلاك البنزين في الولايات المتحدة الأمريكية في تزايد مستمر، حيث ارتفع استهلاك البنزين والمشتقات النفطية الأخرى بنسبة 15٪ خلال عقد التسعينيات فقط (EIA 2001a). وبلغ متوسط معدل استهلاك الفرد الأمريكي من البنزين والديزل حوالي 562 جالوناً (2130 لتراً) سنوياً، وهو أعلى من نظيره الأوربي 2.6 مرة، ومن الياباني بحوالي 3 مرات، ومن الروسي 15 مرة، ومن نظيره في الدول النامية بحوالي 21 مرة (EIA 2001b).

الشكل (5-1)

استهلاك الطاقة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الولايات المتحدة الأمريكية



المصدر: EIA 2001a.

وارتفع الاستهلاك الإجمالي للطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة 45٪ في الفترة 1970–2000 (الشكل 5–1)، إذ بلغ 68 كواد quad عام 1970 (يعادل الكواد مليون مليار وحدة حرارية بريطانية)، ووصل عام 2000 إلى 98 كواد. وترافق هذا الارتفاع مع زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمقدار 36٪، حيث وصلت الانبعاثات إلى 1.149 مليون طن متري عام 1971، وإلى 1.562 مليون طن متري عام 2000 (EIA 2001c). وخلال عقد التسعينيات وحده، ارتفعت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة تزيد على 15٪، وهو ما يبين أن الولايات المتحدة ابتعدت عن إعادة مستوى الانبعاثات الكربونية والغازات الأخرى المسببة لظاهرة الدفيئة عام 2000 إلى ما كانت عليه عام 1990، وهو الهدف الطوعي الوارد في معاهدة التغيرات المناخية، التي وافق عليها الرئيس جورج بوش الأب ومجلس الشيوخ في بداية التسعينيات.

هناك جانب مضيء يتعلق بكثافة الطاقة الإجمالية (وهي نصيب وحدة الناتج المحلي الإجمالي من الطاقة الأساسية)، فقد انخفضت في الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة 44٪ وبمعدل متوسط قدره 1.9٪ سنوياً خلال الفترة 1970–2000 (EIA 2001a). كما انخفضت كثافة الانبعاثات الكربونية (وهي نصيب وحدة الناتج المحلي الإجمالي من الانبعاثات الكربونية) بنسبة 48٪، أي بمعدل متوسط سنوي قدره 2.1٪ منذ عام 1970 (الشكل 5–2).

لقد انخفضت كثافة الانبعاث الكربونية بمعدل أكبر من كثافة الطاقة، ويعود ذلك إلى التحول الطفيف عن الوقود الأحفوري خلال هذه الفترة.

لو كانت كثافة الطاقة عام 2000 هي نفس قيمتها التي كانت سائدة عام 1970 في الولايات المتحدة الأمريكية لتم استهلاك 177 كواد عام 2000، بدلاً مما استهلك فعلياً وهو 98.5 كواد. إن الوفورات المتحققة التي تعادل 78.5 كواد ونتجت أساساً من تحسين كفاءة الطاقة ومن تغيرات هيكلية أخرى، هي من أكثر مصادر الطاقة أهمية والتي لا تعطى

الاهتمام المطلوب في الولايات المتحدة، ولو حدث نصف هذا النمو في الطاقة لوجب على المستهلكين وقطاع الأعمال تحمّل تكاليف إضافية للطاقة تصل في حدها الأدنى إلى ثلاثة آلاف مليار دولار في الفترة 1970-2000 (Geller and Kubo 2000). ومن المحتمل أيضاً أن تكون أسعار الطاقة أعلى مما عليه الآن، فيما لو لم يتم كبح جماح نمو الطلب على الطاقة على النحو الذي حدث.

الشكل (5-2)

كثافة الطاقة والكربون في الولايات المتحدة الأمريكية

كثافة الطاقة والكربون (منسوبة إلى القيم في عام 1970)

1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000

السنة

كثافة الطاقة (استخدام الطاقة لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي)

كثافة الكربون (انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي)

المصدر: EIA 2001a.

لقد ساهمت التحسينات التي تمت على كفاءة الطاقة والتغيرات الهيكلية في تخفيض كثافة الطاقة. لكن من جهة أخرى، ساهمت في تخفيض مستويات تلوث الهواء وتسهيل تحقيق متطلبات معايير الانبعاثات. ولولا إجراء تحسينات كفاءة الطاقة لكنا نعتمد الآن كثيراً على محطات توليد الطاقة والمنشآت الصناعية القديمة والملوثة للبيئة.

ساهمت إجراءات تحسين كفاءة الطاقة في تسهيل الالتزام بالسقوف المحددة لانبعاثات المواد الملوثة وتخفيض أسعار بدلات الانبعاثات. وساعد تخفيض كثافة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية على الحد من تزايد الانبعاثات المسببة لظاهرة الدفيئة وارتفاع درجة حرارة الأرض. وكان من الممكن أن تبلغ انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الولايات المتحدة حوالي 1200 مليون طن متري أو أكثر اعتباراً من عام 2000، فيما لو تمت المحافظة على نفس مستوى كثافة الطاقة الذي كان سائداً عام 1970، ولو جرت تلبية الطلب المتزايد على الطاقة من الوقود الأحفوري. وهذا يكافئ زيادة مقدارها 20٪ في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون على مستوى العالم، ولو لم يحدث تخفيض كثافة الطاقة لطرحت الولايات المتحدة كميات إضافية من غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي تعادل على الأقل 16 مليار طن متري خلال تلك الفترة (Geller and Kubo 2000).

يمكن تقسيم اتجاهات تغير كثافة الطاقة واستخدامها خلال أعوام 1973–2000 إلى ثلاث مراحل:

1. المرحلة الأولى: 1973–1983.
2. المرحلة الثانية: 1983–1996.
3. المرحلة الثالثة: 1996–2000.

بدأت المرحلة الأولى بالحظر النفطي الذي حدث عام 1973، وشهد العالم في هذه المرحلة صدمتين لأسعار النفط، ولذلك بدأت تظهر في منتصف السبعينيات ظاهرة تحسين كفاءة الطاقة في مراكز الأبحاث والدراسات المختصة في الطاقة، ولدى بعض الشركات والعائلات، وبدأت هذه الأطراف ترى في برميل النفط أو الكيلوواط الساعي من الكهرباء اللذين يجري توفيرهما مصدراً آخر للطاقة مكافئاً لما ينتج من النفط والكهرباء، واكتشفوا أن هناك عديداً من الطرق التي يمكن بها توفير الطاقة، وبكلفة وآثار بيئية أقل كثيراً من إنتاجها (Ford et. al. 1975, Goldstein and Rosenfeld 1976, Ross and Williams 1977, Socolow 1977).

ومع الانتشار المتزايد لتقنيات تحسين كفاءة الطاقة وارتفاع مستوى الوعي، انخفضت كثافة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية بسرعة بمعدل متوسط بلغ 2.6٪ سنوياً خلال الفترة 1973–1986. ويعود السبب في ثلاثة أرباع هذا الانخفاض إلى تحسين كفاءة الطاقة، أما الباقي فسببه التغيرات الهيكلية والتحول نحو مصادر أخرى للطاقة (Schipper, Howarth, and Geller 1990).

ومن العوامل الأخرى التي أدت دوراً في هذا المجال، التجاوب مع الارتفاع الكبير لأسعار النفط، وفرض معايير لكفاءة الوقود في السيارات، والكودات الخاصة بالأبنية وبالتجهيزات الكهربائية، وتطور وانتشار استخدام التقنيات الحديثة في حفظ الطاقة (Geller et al. 1987, Green 1999, Vine and Crawley 199).

تتميز المرحلة الثانية (1986–1996) التي أعقبت انهيار أسعار النفط عام 1986، بانخفاض كثافة الطاقة بمعدل 0.8٪ سنوياً وكثافة الكربون بمعدل 1.1٪. ومع هذه المعدلات المتواضعة، ارتفع استهلاك الطاقة الأساسية بنسبة 22٪، من 77 كواد عام 1986 إلى 94 كواد عام 1996 (الشكل 5–1). واستمرت كثافة الطاقة بالانخفاض في حقول مختلفة، كالتدفئة، والتجهيزات الكهربائية، وسيارات الركاب، بسبب معايير كفاءة الطاقة، والبرامج الحكومية والخاصة في هذا المجال. لكن ثمة مجالات توقفت فيها كثافة الطاقة عن الانخفاض، مثل التصنيع ونقل البضائع، أواخر الثمانينيات وأوائل التسعينيات (Murtishaw and Schipper 2001).

بدأت كثافة الطاقة أو كثافة الانبعاثات بالانخفاض مجدداً اعتباراً من عام 1997، بشكل أكثر حدة مما سبق، وبلغت نسبة الانخفاض خلال أعوام 1997–2000 حوالي 3.2٪ سنوياً، وهي أكبر من معدل الانخفاض الذي حدث عقب الهزات الكبيرة التي تعرضت لها أسعار النفط في السبعينيات. وبرغم أن أسباب ذلك غير مفهومة تماماً، يبدو أن تحسين كفاءة الطاقة والتغيرات الهيكلية كان لها دور مهم في ذلك.

ومن العوامل الأخرى التي ساهمت في هذا التخفيض: العمل بمعايير تحسين كفاءة الطاقة، وكودات الأبنية، وبرامج تحسين كفاءة الطاقة على المستويات المختلفة المحلية ومستوى الولايات والمستوى الفيدرالي (Geller and Kubo 2000, Geller, Kubo, and Nadel 2001, EPA 2001). كما ساهم في ذلك التحول نحو اقتصاد المعلومات، والتحول في التصنيع باتجاه الصناعات ذات التقنية العالية التي لا تستهلك طاقة بكميات كبيرة كالصناعات التقليدية (Murtishaw and Schipper 2001, Romm, Rosenfeld, and Herman 1999). وبرغم أن أسعار النفط قد ارتفعت بشدة منتصف عام 1999، فقد شهدت أسعار مختلف أشكال الطاقة انخفاضاً بشكل عام في الفترة 1996-2000، وهو ما جعل انخفاض كثافة الطاقة الذي حدث مؤخراً على المستوى القومي أكثر وضوحاً.

ومع ذلك، فإن انخفاض كثافة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية ليس حديث العهد، ولم يبدأ فقط منذ السبعينيات، وإنما يعود إلى قرون سابقة، ورافق عملية انتقال الولايات المتحدة نحو التصنيع وابتعادها عن الوقود الكثيف الكربون، مثل الفحم، والانتقال نحو اقتصاد الخدمات والتقنيات الأكثر تقدماً. وتقدر إحدى الدراسات أن كثافة الكربون الإجمالية انخفضت في الولايات المتحدة من حوالي 2.5 كيلوجرام من الكربون لكل دولار من الناتج المحلي الإجمالي عام 1800 إلى حوالي 0.36 كيلوجرام لكل دولار من الناتج المحلي الإجمالي عام 1970[3] (Grubler, Nakicnovic, and Victor 1999)، وهذا يعادل انخفاضاً سنوياً بمعدل متوسط مقداره 1.1٪. لقد كانت هناك دائماً وعلى المدى الطويل نزعة نحو انخفاض كثافة الطاقة والكربون، لكن في الثلاثين سنة الأخيرة كانت درجة الانخفاض كبيرة.

قد نتساءل: هل بالإمكان المحافظة على المعدلات الأخيرة التي توصل إليها في مجال تخفيض كثافة الطاقة والكربون؟ أو هل تمكن زيادتها؟ تشير المعطيات الحالية إلى أن ذلك غير ممكن إذا سارت الأمور على النهج الحالي، لكن يمكن تحقيق ذلك والوصول إلى مستقبل مستدام في مجال الطاقة من خلال تركيز الجهود لتحسين كفاءتها، والتحول من

الوقود الأحفوري باتجاه الوقود المتجدد. إن نظرة فاحصة لكلا المسارين تبين أن الخيارين كليهما يؤديان إلى نتيجة مختلفة جذرياً.

السيناريو المعتاد

اقترحت إدارة الرئيس بوش، لتلبية احتياجاتنا من الطاقة في المستقبل، مجموعة من الخطط، تشمل زيادة إمدادات الطاقة التقليدية عبر حفر المزيد من آبار النفط ومناجم الفحم، وبناء المصافي وشبكات الأنابيب ومحطات الطاقة وخطوط نقل الطاقة. واقترحت إدارة بوش أيضاً تقديم مليارات الدولارات دعماً جديداً لقطاع صناعة الطاقة الأحفورية والطاقة النووية، والتراجع عن عدد من التشريعات في مجال البيئة والسلامة لتسهل تطوير مصادر الطاقة التقليدية (NEPDG 2001). في الواقع، هذه الاستراتيجية مكلفة وتتطلب وقتاً طويلاً لتنفيذها (يتطلب تطوير مصدر جديد للطاقة على نطاق واسع إلى سنين عديدة)، إضافة إلى الضرر الذي تسببه على البيئة (NRDC 2001). وبالتالي، ليس مستغرباً أن تلقى خطة بوش في مجال الطاقة جدلاً واسعاً في الأوساط الشعبية والكونجرس، ويشهد على ذلك الجدل حول فتح المحمية الوطنية في القطب الشمالي للتنقيب عن النفط.

إن الاستمرار على النهج الحالي في مجال الطاقة، إضافة إلى المقترحات الواردة في خطة الرئيس بوش، سيؤدي إلى تحسن طفيف في كفاءة الطاقة، وزيادة كبيرة في استهلاك الوقود الأحفوري، وزيادة متواضعة في إنتاج الطاقة من مصادر متجددة في الولايات المتحدة الأمريكية. وسيؤدي مستقبل الطاقة هذا إلى ارتفاع فواتير الطاقة التي يتحملها المستهلكون وقطاع الأعمال، وسيفضي إلى اعتماد أكبر على النفط المستورد، وتزايد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وارتفاع في درجة حرارة الأرض (NRDC 2001).

لبيان الآثار السلبية لسياسات الطاقة ونزعاتها الحالية، فإنه من المفيد أن نعود إلى توقعات الطاقة الرسمية التي أعدتها إدارة معلومات الطاقة،[4] إذ توقعت في الحالة المرجعية

التي تضمنها تقريرها المعنون **توقعات الطاقة السنوية** *Annual Energy Outlook* لعام 2001 أن ينمو استهلاك الطاقة الإجمالية بنسبة 32٪ خلال الفترة 1999-2020 (EIA 2000c). أما النفط فسيزداد بنسبة تصل إلى الثلث بحلول عام 2020، وإذا أخذنا بالاعتبار أن إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية من النفط في تراجع فإن مستورداتها من النفط ستزداد بنسبة 60٪ بحلول عام 2020، وهذا يعني زيادة اعتمادها على النفط المستورد من منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك) وبخاصة دول الخليج. وما لا شك فيه أن هذا يعرض الأمن القومي للخطر، ويجعل الاقتصاد الأمريكي أكثر عرضة لتقلبات أسعار النفط المستقبلية.

وحسب هذه الدراسة، فمن المتوقع أن يزداد استهلاك الطاقة الكهربائية بنسبة 45٪ بحلول عام 2020، وأن تكون الحاجة ملحة لبناء 1260 محطة جديدة لتوليد الكهرباء خلال العقدين القادمين، بفرض أن سعة المحطة النموذجية حوالي 250 ميجاواط، وهذا يتوافق وخطة بوش التي تدعو لبناء أكثر من 1300 محطة جديدة خلال العشرين سنة القادمة، أي بمعدل محطة واحدة كل أسبوع. ويُعتقد أن معظم هذه المحطات الجديدة ستعمل على الغاز الطبيعي، لكن هناك زيادة بنسبة 25٪ على الكهرباء التي يتم توليدها من المحطات العاملة على الفحم. أما دور الطاقة المتجددة في هذا المجال فسيبلغ حوالي 4٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية، حسب الحالة المرجعية المذكورة آنفاً بحلول عام 2020. وستؤمن مصادر الطاقة المتجددة بكافة أشكالها حوالي 8٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة، وهي أقل من نسبة 10٪ الموجودة حالياً.

وكما ذُكر سابقاً، فإن استمرار السياسات والنزعات الحالية يعني تحقيق تقدم متواضع على صعيد تحسين كفاءة الطاقة. فعلى سبيل المثال، واستناداً إلى توقعات إدارة معلومات الطاقة، فإن استهلاك الطاقة في القطاع السكني بالنسبة للعائلة الواحدة سيزداد بشكل طفيف، وكذلك الحال بالنسبة لوحدة المساحة في الأبنية التجارية. وهكذا فإن خطة الرئيس بوش لتحسين كفاءة الطاقة غير ناجعة ومجرد كلام، وبالتالي فإن الولايات المتحدة ستستمر على المدى القصير في هدر الطاقة على نطاق واسع حسب النهج الحالي.

سيزداد الإنفاق على الطاقة بنسبة 45٪ في الفترة 1999- 2020، بسبب ازدياد استهلاك الطاقة، وارتفاع أسعار بعض أشكالها حسب الحالة المرجعية. ومع ذلك، فإن هذه التوقعات تفترض ارتفاعاً متواضعاً في أسعار النفط والغاز الطبيعي، وانخفاضاً في أسعار الطاقة الكهربائية برغم الزيادة الكبيرة في الطلب. وإذا صحت التوقعات الواردة في تقرير إدارة معلومات الطاقة فيما يتعلق بنمو الطلب، فإنه من الممكن أن ترتفع أسعار الطاقة كثيراً، وبالتالي فإن المستهلكين بجميع فئاتهم سيدفعون فواتير أكبر بكثير عما عليه الحال اليوم.

من الطبيعي أن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ستستمر في التصاعد مع زيادة استهلاك الطاقة والاهتمام المحدود بتطوير تقنيات الطاقة النظيفة. وحسب توقعات إدارة معلومات الطاقة في حالتها المرجعية، فإن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ستزداد بنسبة 35٪ في الفترة 1999-2020. إن هذه الانبعاثات الإضافية التي تقدر بحوالي 530 طناً مترياً من الكربون بحلول عام 2020، تعادل انبعاثات أفريقيا وأمريكا الوسطى والجنوبية مجتمعة اليوم، وإذا حدث هذا فسيعني أن الولايات المتحدة الأمريكية تستمر في زيادة حصتها في الانبعاثات العالمية من غاز ثاني أكسيد الكربون التي لا تتناسب وحجمها، ما يعني في جوهره أن الولايات المتحدة لا تعبأ بالدول الأخرى التي التزمت بتخفيض انبعاثاتها طبقاً لمعاهدة كيوتو، وبالتالي فسيكون من الصعوبة بمكان الوصول إلى تعاون دولي في الجهود الرامية إلى تخفيض الانبعاثات المسببة لظاهرة الدفيئة وارتفاع درجة حرارة الأرض، وبخاصة مع الدول النامية، في ظل تصاعد انبعاثات الدولة الأكثر إصداراً لها في العالم.

مستقبل طاقة أكثر استدامة

إن الهدر في الطاقة وارتفاع الواردات النفطية وزيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ليست حتمية. إن بإمكان الولايات المتحدة الأمريكية إذا ما قررت ذلك أن تحسن بشكل كبير من كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، وذلك مقارنة بالمستويات المتوقعة في

المستقبل في حال السير على النهج الحالي في مجال الطاقة. إن التقنيات اللازمة لذلك أثبتت نجاحها وهي متوافرة، لكن الوضع يتطلب سياسة قوية وشاملة للتغلب على العطالة، ونقل الولايات المتحدة من المسار الحالي الذي يتسم باستخدام الطاقة المتزايد وارتفاع المستوردات النفطية وارتفاع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

إن استراتيجية الطاقة الأكثر عقلانية هي تلك التي تركز في البداية على تحسين كفاءة الطاقة إلى أقصى حد ممكن، مع أخذ فعالية الكلفة بالاعتبار، ثم الاعتماد على الطاقة المتجددة في تلبية ما تبقى من الحاجات الجديدة من الطاقة، وستستخدم إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، وبعض النمو في زيادة استهلاك الغاز الطبيعي للحد من استهلاك الطاقة من المصادر التقليدية المثيرة للجدل، كالفحم والنفط والطاقة النووية.

برغم أن كفاءة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية اليوم هي أفضل بكثير مما كانت عليه قبل ثلاثين عاماً، فإن المجال مازال مفتوحاً لتحقيق وفورات هائلة إضافية وفعالة كلفياً. فأنظمة الإنارة والتجهيزات الكهربائية وغيرها من الأنظمة ذات الكفاءة العالية تستخدم فقط في ربع التطبيقات المتاحة ذات الجدوى الاقتصادية. وبعض تقنيات تحسين كفاءة الطاقة الأحدث بدأ استخدامها عما قريب، مثل السيارات الهجينة العاملة على البنزين والكهرباء، وإحكام مجاري الهواء المستخدمة لتدفئة المنازل.

وقدّرت مجموعة من المختبرات الوطنية التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية أن زيادة كفاءة الطاقة في الاقتصاد يمكن أن تخفض استخدام الطاقة بنسبة 10٪ أو أكثر بحلول عام 2010، ويمكن أن تصل هذه النسبة إلى 20٪ بحلول عام 2020، إضافة إلى الانعكاسات الاقتصادية الإيجابية على المستهلكين وقطاع الأعمال (Interlaboratory Working Group 2000).

تستمر التحسينات المتسارعة في تقنيات الطاقة المتجددة، سواء على صعيد تحسين الأداء أو خفض الكلفة، لطيف واسع من هذه التقنيات، كطاقة الرياح، والطاقة الحرارية والكهرشمسية، ومصادر الطاقة الحيوية والطاقة الحرارية لجوف الأرض (Short 2002, Turkenburg 2000). وتحتل مصادر طاقة الرياح والأنظمة الكهرضوئية المرتبة الأولى في

سرعة نموها على مستوى العالم. وكما ذكر في الفصل الثالث فقد واصلت بعض الولايات سعيها الحثيث نحو مصادر الطاقة المتجددة، وذلك باتباع سياسات متنوعة، مثل معيار محفظة الطاقة المتجددة، ورسم المنفعة العامة وسياسات أخرى. وما لا شك فيه أن حشد الدعم لهذه السياسات على المستوى الوطني سيمكّن من التوسع الكبير في توليد الطاقة من مصادر متجددة (Clemmer et al. 2001, Interlaboratory Working Group 2000).

يضع المحللون السياسيون سيناريوهات لدراسة تأثير مختلف الخيارات السياسية أو لدراسة مجموعة من هذه الخيارات. ويقدم مؤلف هذا الكتاب سيناريو الطاقة النظيفة الذي يتكون من عشر سياسات في مجال الطاقة، كما هو موضح في الجدول (5-1).

الجدول (5-1)

السياسات المتضمنة في سيناريو الطاقة النظيفة

1. تشديد معايير كفاءة الوقود في سيارات الركاب.
2. تأسيس صندوق رسم المنفعة العامة.
3. تبني اتفاقيات طوعية لتخفيض استخدام الطاقة في الصناعة.
4. تأسيس ما يسمى معيار محفظة الطاقة المتجددة لقطاع توليد الطاقة.
5. تبني معايير جديدة لتحسين كفاءة الطاقة في الأجهزة الكهربائية وكودات أقوى للأبنية.
6. تقديم الحوافز الضريبية للتقنيات المبتكرة في مجال الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة.
7. التوسع في البرامج الفيدرالية للبحث والتطوير والنشر.
8. إزالة العقبات أمام أنظمة التوليد وفق الدارة المركبة للحرارة والطاقة.
9. تشديد معايير الانبعاثات على محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم.
10. وضع معايير لمحتوى الكربون أو الطاقة المتجددة لوقود السيارات.

لقد جرى تحليل هذا السيناريو ومقارنته مع السيناريو الأساسي (المشابه للحالة المرجعية في توقعات إدارة معلومات الطاقة) الذي سيرد ذكره لاحقاً في هذا الفصل. ويمكن القول إن تطبيق السياسات العشر سوف يؤدي إلى تحسن كبير في استخدام الطاقة، وينعكس إيجابياً على النواحي الاقتصادية والبيئية والأمن القومي للمستهلكين الأمريكيين ولقطاع الأعمال.

تعالج السياسات المتضمنة في سيناريو الطاقة النظيفة مجالاً واسعاً من العقبات المذكورة في الفصل الثاني، وتغطي مجموعة كبيرة من الخيارات السياسية المذكورة في الفصل الثالث. وهي تشمل البحث والتطوير لنشر وتحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، والحوافز المالية ورفع مستوى الوعي لتحفيز الإنتاج التجاري وتبني هذه الإجراءات، والمعايير وفرض التزامات على السوق لضمان مستوى عال من التنفيذ. والجدير بالذكر أن أي سياسة وحدها لن تعطي الأثر المطلوب، لكن هذه السياسات مجتمعة تتمتع بالقدرة على إحداث تغيرات هيكلية في السوق بأسلوب متناغم ومنظم.

لا تتضمن السياسات العشر المقترحة ضمن إطار سيناريو الطاقة النظيفة فرض أي ضرائب جديدة على الطاقة أو على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. ولا حاجة للولايات المتحدة إلى هذه الضرائب في مسعاها نحو المستقبل المستدام، ولاسيما أن أغلبية الأوساط الشعبية تعارضها. ولكن من جهة أخرى فإن الضرائب الجديدة المفروضة على الطاقة أو الانبعاثات يمكن أن تعزز هذه السياسات الأخرى، برغم أن هذه الضرائب يجب أن تكون كبيرة نسبياً ليكون لها تأثير مهم على صعيد تحسين كفاءة الطاقة وخيارات الوقود. على سبيل المثال، إن تبني ضريبة كربون مقدارها 50 دولاراً لكل طن (وهو ما يؤدي إلى ارتفاع أسعار التجزئة للبنزين والكهرباء بمتوسط 10٪) يمكنها بحد ذاتها أن تخفض استخدام الطاقة على المستوى القومي بنسبة 2.5٪ (Interlaboratory Working Group 2000). ومع ذلك فإن فرض ضريبة صغيرة يمكن أن يكون مؤثراً إذا ما استُخدم العائد الناتج عن الضريبة أو جزء منه في تمويل برامج تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة (Bernow et al. 1997). وفيما يلي تقديم هذه السياسات العشر مع دراسة آثارها المحتملة.

السياسة الأولى: رفع معايير كفاءة الوقود في سيارات الركاب

كان في عام 1975 اعتماد أول معايير لتحسين كفاءة الوقود في السيارات Corporate Average Fuel Economy (CAFE)، ووصل إلى ذروة فعاليته عام 1985. لقد كانت هذه المعايير ناجحة جداً في تخفيض استهلاك البنزين في الولايات المتحدة الأمريكية مع عدد محدود من الآثار السلبية، كما ذكر في الفصل الرابع. لذلك أوصى المحللون المختصون بالتشدد في معايير تحسين كفاءة الوقود في السيارات، منذ بداية الثمانينيات (Ross and Williams 1981). ويجب على الولايات المتحدة أن تتبنى هذه المعايير قبل أن تواجه صدمات جديدة في أسعار النفط أو أزمة في الإمدادات.

تدعو هذه السياسة لتحسين معايير كفاءة الوقود في السيارات والشاحنات الخفيفة، بنسبة 5٪ سنوياً ولمدة عشر سنوات، بحيث تصل عام 2012 إلى 44 ميلاً لكل جالون بالنسبة للسيارات و33 ميلاً لكل جالون بالنسبة إلى الشاحنات الخفيفة، إضافةً إلى تحسينات أخرى بعد عام 2012. إن هذا المستوى من كفاءة الوقود ذو جدوى اقتصادية ويتميز بفعالية كلفته للمستهلك، ويمكن تحقيقه من دون التنازل عن متطلبات الأمان (DeCicco, An, and Ross 2001). في الواقع، بشكل عام ستكون قيادة السيارة أكثر أماناً في حال تطبيق معايير صارمة لاستهلاك الوقود في السيارات تلزم المصنعين بتخفيف حجم ووزن السيارات الكبيرة (Friedmann et al. 2001).

ولكن هل تستطيع ديترويت أن تفعل ذلك؟ التزمت شركة فورد طوعياً بزيادة كفاءة الوقود في سياراتها ذات الدفع الرباعي الجديدة وبنسبة 5٪ خلال المدة 2001–2005. أما شركة جنرال موتورز فقد أكدت أنها ستتجاوز شركة فورد في هذا المجال بالنسبة لسياراتها ذات الدفع الرباعي والشاحنات الخفيفة (Bradsher 2000). إذا كان هذا المعدل يمكن تحقيقه في السيارات ذات الدفع الرباعي فذلك يعني أنه قابل للتحقيق بالنسبة لمختلف أنواع السيارات الجديدة التي تنتجها جنرال موتورز وفورد وغيرهما.

يجب استكمال المعايير الصارمة لكفاءة استهلاك الوقود في السيارات بمجموعة من السياسات منها:

1. تقديم الامتيازات الضريبية لأولئك الذين يشترون التقنيات المبتكرة والسيارات ذات الكفاءة العالية في استخدام الوقود (انظر السياسة السادسة الواردة في هذا الفصل).
2. فرض ضرائب باهظة على السيارات الشرهة للوقود.
3. نشر نظام لصاقات توصيف الأداء الطاقي وتوعية المستهلكين.
4. التوسع في البحث والتطوير في مجال السيارات ذات الكفاءة العالية في استخدام الوقود والانبعاثات المنخفضة (انظر السياسة السابعة الواردة في هذا الفصل).

إن السياسات المشار إليها بمجملها ستمهد الطريق للوصول إلى معايير صارمة في مجال تحسين كفاءة الوقود في السيارات. وستوفر المعايير المقترحة هنا في مجال كفاءة الوقود في السيارات حوالي مليون برميل من النفط يومياً بحلول عام 2010، وسيصل التوفير إلى 3.6 ملايين برميل يومياً عام 2020، وهذا يعادل 2.1 كواد من الطاقة سنوياً عام 2010 و7.7 كواد سنوياً عام 2020.[5] وستراوح الوفورات من النفط خلال أربعين عاماً في حال تطبيق معايير كفاءة الوقود في السيارات المقترحة هنا بين 10 أضعاف و20 ضعفاً من إمدادات النفط المتوقعة من المحمية الوطنية القطبية، وأكثر من ثلاثة أضعاف احتياطيات النفط المثبتة في الولايات المتحدة (Geller 2001).

السياسة الثانية: تأسيس صندوق رسم المنفعة العامة

لدى كثير من مؤسسات الطاقة برامج لتشجيع الاستخدام الفعال للطاقة، وذلك نتيجة لتشريعات على مستوى الولايات أو نتيجة لتعهدات تنظيمية. لقد أثبتت تجارب مؤسسات الطاقة في مجال برامج تحسين كفاءة الطاقة في مناطق مختلفة في الولايات المتحدة الأمريكية، مثل كاليفورنيا وشمال غرب المحيط الهادي ونيويورك ونيوإنجلاند، نجاحاً كبيراً، وبلغت الوفورات في فواتير الطاقة للعائلات وقطاع الأعمال ضعفين إلى ثلاثة

أضعاف الكلفة التي أُنفقت لتحقيق هذا الوفر، وخفّض نمو الطلب على الكهرباء على المدى الطويل بشكل كبير (Nadel and Kushler 2000).

ولسوء الحظ فإن المنافسة وإعادة الهيكلة قد دفعتا بعض شركات الطاقة إلى الحد من برامج تحسين كفاءة الطاقة خلال السنوات الخمس الأخيرة، حيث انخفض الإنفاق الإجمالي على جميع برامج إدارة جانب الطلب (مثل كفاءة الطاقة، وبرامج خفض حمولات الذروة) بأكثر من 50٪ من 3.1 مليارات دولار عام 1993 إلى 1.4 مليار دولار عام 1999 (EIA 2000d, Nadel and Kushler 2000).

ولضمان استمرار برامج تحسين كفاءة الطاقة، والنشاطات المتعلقة بالمنفعة العامة عقب عمليات إعادة الهيكلة، لجأت عشرون ولاية إلى تأسيس صندوق المنفعة العامة system benefits fund، عبر إضافة رسم بسيط على كل كيلوواط ساعي ينساب من شبكات النقل والتوزيع الكهربائية (Nadel and Kushler 2000).

يمكن لهذا الصندوق الذي يعمل على المستوى القومي أن يؤمّن التمويل اللازم لبرامج تحسين كفاءة الطاقة على مستوى الولايات، ومساعدة العائلات ذات الدخول المتدنية وتطوير الطاقة المتجددة. وتشمل هذه السياسات بشكل خاص إضافة رسم بسيط يساوي 0.2 سنت/ كيلوواط ساعي (يكافئ 3٪ من سعر التجزئة للطاقة الكهربائية) لدعم هذه النشاطات.

ستعطي هذه السياسات الولايات ومؤسسات الطاقة حوافز قوية للتوسع في برامج تحسين كفاءة الطاقة ومساعدة العائلات الفقيرة. وتقوم جميع مؤسسات الطاقة والولايات المختلفة بالمساهمة في هذا الصندوق، لكنها ستحصل على المال فقط في حالة تأسيس برامج تحسين كفاءة الطاقة واستمرارها فيه، إضافة إلى البرامج الأخرى ذات النفع العام. من جهة أخرى يترك للولايات وليس للحكومة الفيدرالية تحديد سبل إنفاق هذه الأموال.

يجب أن تؤدي هذه السياسات إلى تحسينات كبيرة في كفاءة الطاقة في حقول متعددة كالإنارة، والتجهيزات الكهربائية، وأجهزة التكييف، وأنظمة المحركات، وتطبيقات استخدام الكهرباء الأخرى. ويمكن للوفورات أن تصل إلى 300 تيراواط ساعي عام 2010، أي حوالي 7٪ من استهلاك الطاقة الكهربائية المتوقع. ويمكن للوفورات السنوية عام 2020 أن تتجاوز 800 تيراواط ساعي، وهذا يكافئ 6.5 كواد من الطاقة الأساسية. وستتلاشى مخاطر حصول عجوزات في الطاقة بسبب هذه المستويات العالية من الوفورات الكهربائية، وستنخفض حالات اضطرابات الأسعار الناتجة عن فترات العرض والطلب العصيبة، وستكون الحاجة أقل بكثير لعملية البناء المستمرة لمحطات توليد الطاقة الكهربائية الجديدة.

السياسة الثالثة: تبني اتفاقيات طوعية لتخفيض استخدام الطاقة في الصناعة

هناك إمكانية كبيرة لتحسين كفاءة الطاقة في الصناعة، حيث أظهرت الدراسات التحليلية المعمقة أن الوفورات الإجمالية الممكنة والفعالة من حيث الكلفة لاستخدام تقنيات محددة لتحسين كفاءة الطاقة في صناعة الحديد والصلب تصل إلى 18٪ (Worrell, Martin, and Price 1999). وأظهر تحليل مشابه لصناعة الورق في الولايات المتحدة الأمريكية أن الوفورات الممكنة والفعالة كلفياً تراوح في هذه الصناعة بين 16 و22٪. إضافة إلى ذلك تستمر التقنيات الصناعية الجديدة والخبرات في مجال ترشيد الطاقة في التطور، وتدخل حيز الإنتاج التجاري (Martin et al. 2000).

وبغية تحفيز الانتشار الواسع لتقنيات تحسين كفاءة الطاقة في القطاع الصناعي تدعو هذه السياسة الولايات المتحدة الأمريكية إلى إجراء اتفاقيات طوعية مع الشركات، سواء بشكل منفرد أو كمجموعات، حيث تتعهد الشركات أو القطاعات الصناعية بموجب هذه الاتفاقيات بتخفيض الكثافة الإجمالية للطاقة والانبعاثات الكربونية (وهي نسبة الطاقة أو الانبعاثات الكربونية منسوبة لوحدة الإنتاج) بنسبة كبيرة، أي بمعدل 2٪ سنوياً لمدة عشر سنوات قادمة. وتجب مكافأة الشركات التي تلتزم بتعهداتها بمنحها علامة "إنيرجي ستار" أو تقديراً مشابهاً.

وتقوم الحكومة الأمريكية بتشجيع الاشتراك في هذه الاتفاقات، وتساند تنفيذها بالآتي:

1. تقديم المساعدة الفنية للشركات التي تطلبها.
2. عرض تعليق النظر بتطبيق تخفيضات إلزامية للانبعاثات الكربونية، أو فرض إجراءات ضريبية، وذلك في حال حققت نسبة كبيرة من الصناعات الأهداف الموضوعة.
3. التوسع في البرامج الفيدرالية للبحث والتطوير والتوعية في القطاعات ذات نسبة المشاركة العالية.

قام عديد من الشركات الكبرى بوضع أهداف لتحسين كفاءة الطاقة، فوضعت شركة "جونسن آند جونسن" نصب عينيها تخفيض استهلاك الطاقة بنسبة 10٪ في منشآتها البالغ عددها 98 والمنتشرة في الولايات المتحدة بحلول عام 2000 عبر تطبيق أفضل الممارسات، وفي نيسان/ إبريل 1999 تحقق 95٪ من هذا الهدف، بحيث إن مدة استرداد رأس المال تبلغ ثلاث سنوات أو أقل لغالبية مشاريع تقنيات تحسين كفاءة الطاقة (Kauffman 1999).

أما شركة "بريتش بتروليم" فقد وضعت هدفاً لتخفيض الانبعاثات الكربونية بنسبة 10٪ عن مستوى عام 1990، وذلك بحلول عام 2010، وهو ما يعادل تخفيضاً مقداره 40٪ مقارنة بالمستوى المتوقع أن تصل إليه الانبعاثات إذا سارت الأمور حسب السيناريو المعتاد. وقد تمكنت بريتش بتروليم من تحقيق هذا الهدف بحلول عام 2002، وقبل ثماني سنوات من الموعد المحدد (Lazaroff 2002). كما حددت شركة "دوبونت" لنفسها أهدافاً طوعية لتخفيض كثافة الطاقة، وزيادة استخدام الطاقة المتجددة، وتخفيض الانبعاثات المسببة لظاهرة الدفيئة. وإذا كانت هذه الشركات قد استطاعت أن تحقق أهدافها التي وضعتها بنفسها، فهذا يعني أن الشركات الأخرى تستطيع أن تفعل ذلك أيضاً.

لقد نتج عن الاتفاقيات الطوعية بين الحكومة وقطاع الصناعة وفق النهج المقترح هنا تخفيضات كبيرة لكثافة الطاقة، وذلك في ألمانيا وهولندا والدنمارك (سبق استعراض التجربة الهولندية في الفصل الرابع). لقد كان العامل الرئيسي وراء نجاح هذه البرامج خوف القطاع الصناعي من فرض ضرائب أو تشريعات جديدة عليه في حال فشل السواد الأعظم من القطاع الصناعي في تلبية الالتزامات الواردة في الاتفاقيات الطوعية (Price and Worrell 2000).

إن تأثيرات هذه السياسة ارتكزت على تحليل مفصل للاتفاقيات الطوعية الصناعية المحتملة في الولايات المتحدة الأمريكية، والتي قام بإعدادها فريق من المختبرات القومية (Interlaboratory Working Group 2000). واستناداً إلى هذه التحاليل فإنه من المفترض أن تخفض الاتفاقيات الطوعية مع النشاطات المساندة لها من استخدام الطاقة في الصناعة بحوالي 8.5٪ بحلول عام 2010، ويصل التخفيض إلى 16٪ عام 2020، وذلك بالمقارنة مع مستويات التوقعات الأخرى.

السياسة الرابعة: تأسيس معيار محفظة الطاقة المتجددة لقطاع توليد الطاقة

يمكن إلزام مؤسسات الطاقة والجهات الأخرى العاملة في مجال توليد الطاقة بأن تعرض أو تشتري مقداراً محدداً أو نسبة محددة من السعة الكهربائية الإجمالية المولدة من مصادر متجددة. ويترك المجال مفتوحاً أمام منتجي الطاقة لتحقيق هذا الهدف، سواء من خلال تركيب أنظمة الطاقة المتجددة على نفقتها، أو بشراء أرصدة الطاقة المتجددة القابلة للتبادل التجارية من السوق، وروعي في ذلك تخفيض الكلفة الإجمالية للتوافق وهذه المتطلبات.

وكما ذكر في الفصل الثالث فقد بلغ عدد الولايات التي عملت مؤسسات الطاقة فيها بهذا النظام عشرين ولاية. وتشمل المصادر المتجددة المؤهلة للدخول في هذا النظام: الرياح

والشمس والطاقة الجوفية لباطن الأرض والطاقة ذات الأساس الحيوي، ولكن لا تـدخل ضمنها مشاريع الطاقة الكهرمائية الكبيرة (انظر الجدول 3–6).

تقدّم بعض أعـضاء الكـونجرس باقتراحـات تخـص نظـام معيـار محفظـة الطاقـة المتجددة، وبشكل خاص السيناتور المـستقل جيفـوردز Jeffords عـن ولايـة فرمونـت الذي تقدم بمشروع القانون المسمى قانون الاستثمار في مجـال الطاقـة المتجـددة وكفـاءة الطاقة لعام 2001 (S.1333)، حيث تضمن الطلب أن تعادل نسبة الطاقة المتجددة مـن مصادر غير مائية 10٪ بحلول عام 2010، وأن تصل إلى 20٪ عام 2020. وتضمن قانون الطاقة الذي أقره مجلس الشيوخ الأمريكي في نيسان/ إبريل 2002 نـسباً متواضـعة عـلى الصعيد القومي، حيث طلب بموجب هذا القانون أن تكون نسبة الطاقـة المتجـددة 4٪ عام 2010 على أن تصل إلى نسبة 10٪ عام 2020، لكن استثنيت مؤسسات الطاقة العامة من هـذا القـانون، مثـل سـلطة وادي تينيـسي ومؤسـسات الطاقـة التابعـة للبلـديات، والتعاونيات الكهربائية الريفية.

وللمقارنة، شكلت الطاقة المتجددة غير المائية ما يعادل 2.2٪ مـن إمـدادات الطاقـة الكهربائية في الولايات المتحدة الأمريكيـة عـام 2000 (EIA 2001a)، ويتوقـع أن تبقـى هذه النسبة تحت سقف 3٪ عام 2020، وذلك حسب الحالة المرجعية المعدة من قبـل إدارة معلومات الطاقة (EIA 2000c).

ويستند نظام معيار محفظـة الطاقـة المتجـددة الـوارد في سـيناريو الطاقـة النظيفـة إلى مقترحات السيناتور جيفوردز في هذا المجال، ويطبق عـلى جميـع قطاعـات توليـد الطاقـة (وتشمل منتجي الطاقة المستقلين ومؤسسات الطاقة التقليدية). وكان الافتراض أن معظم الزيادة في الطلب على الطاقة الكهربائية تغطى من مصادر الرياح التـي تنمـو بـشكل كبـير وتزداد منافستها للمصادر التقليدية للكهرباء. وسيتم توليد كميات كبيرة من الكهرباء من مصادر حيوية ومن جوف الأرض بحلول عام 2020 وفق هذا السيناريو.

السياسة الخامسة: تبني معايير جديدة لتحسين كفاءة الطاقة في الأجهزة الكهربائية وكودات أقوى للأبنية

تعتبر معايير كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية وكودات المباني واحدة من أكثر سياسات ترشيد الطاقة فاعلية في الولايات المتحدة الأمريكية. ضمن هذا السياق فإن هذه السياسة تدعو إلى تبني معايير جديدة لمحولات التوزيع؛ إشارات الخروج، والإشارات الضوئية، وأجهزة الإنارة النقالة. لقد تبنت ولاية كاليفورنيا معايير لجميع هذه الأجهزة، بينما تبنت ولايتا ماساشوسيتس ومينيسوتا معايير لمحولات التوزيع. وتشدد هذه السياسة أيضاً على معايير الأداء للبرادات وأجهزة التدفئة في القطاع التجاري، إضافة إلى الطاقة التي تستهلكها المنتجات الإلكترونية في وضعية الانتظار، مثل أجهزة التلفاز وأجهزة استقبال الكيبل والأجهزة السمعية، إضافة إلى ذلك فإن هذه السياسة تفترض أن معايير كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلية والمضخات الحرارية، والتي سبق لإدارة الرئيس كلنتون أن تبنتها قد أخذت طريقها نحو التطبيق العملي (تراجعت إدارة الرئيس بوش قد عن تطبيق هذه المعايير، وهذه القضية معروضة الآن أمام القضاء).

وبالإجراءات السابقة يمكن توفير حوالي 95 مليار كيلوواط ساعي عام 2010، وتصل هذه الوفورات إلى 256 مليار كيلوواط ساعي عام 2020. وتشكل القيمة الأخيرة ما يعادل 8٪ من الطاقة الكهربائية المتوقع استخدامها في القطاعين السكني والتجاري، في غياب السياسات الأخرى لتحسين الكفاءة. إضافة إلى ذلك يقدر أن العائد من هذه المعايير والكودات سيبلغ خمسة أضعاف التكلفة، وأنها سوف تحقق فوائد صافية تبلغ 80 مليار دولار للمستهلكين ولقطاع الأعمال (Kubo, Sachs, and Nadel 2001).

يبلغ عدد الولايات التي لم تتبنّ بعد كودات إلزامية للأبنية السكنية أو التجارية الجديدة أو أصبحت كوداتها قديمة أكثر من عشرين ولاية (BCAP 2001). وتدعو السياسة المقترحة هنا جميع الولايات لمراجعة كودات الأبنية وتعزيزها إذا دعت الحاجة لذلك، بحيث تطبق كودات الممارسات المثلى في جميع الولايات في تاريخ معين. وتستمر

وزارة الطاقة في تقديم المساعدة الفنية لهذه الجهود وإعطاء الأولوية للولايات التي تطبق كودات إلزامية على مستوى الولاية ذات معايير أعلى من الكود النموذجي العالمي لحفظ الطاقة، وإضافة إلى ذلك يجب تحديث الكودات النموذجية دورياً، وعلى كافة الولايات أن تراجع كوداتها فيما يخص الطاقة بعد حدوث ذلك. وسيؤدي اتباع هذه الخطوات إلى وفر قدره 0.3 كواد من الطاقة عام 2010، وإلى وفر يصل إلى 1.5 كواد عام 2020 (Nadel and Geller 2001).

السياسة السادسة: تقديم الحوافز الضريبية للتقنيات المبتكرة في مجال الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة

تتمتع بعض أنواع الطاقة المتجددة -وبخاصة مشاريع طاقة الرياح- بامتيازات ضريبية فيدرالية على الإنتاج تعادل 1.7 سنت لكل كيلوواط ساعي خلال أول عشر سنوات من عمر المشروع. وتوسعت سياسة الامتيازات الضريبية المستندة إلى الإنتاج لتشمل كافة أشكال توليد الطاقة المتجددة باستثناء الكهرمائية، وهذا يساعد على إعطاء فرص متكافئة لمختلف أشكال مصادر الطاقة، سواء المتجددة أو الأحفورية أو النووية، مع التأكيد على تقديم الحوافز للطاقات المتجددة، حيث يمكن تبرير ذلك جزئياً على أساس تفوقها من النواحي البيئية على الأشكال الأخرى للطاقة (Clemmer et al. 2001).

من جهة أخرى لا يفترَض أن يؤدي ذلك إلى أي زيادة إضافية في الإنتاج بالنسبة للطاقات المتجددة، لأن نظام معيار محفظة الطاقة المتجددة، وكما ورد في السياسة الرابعة أعلاه، قد نتج عنها توسع كبير في الطاقة المولَّدة من مصادر متجددة.

وفي السنوات الأخيرة، وصل كثير من التقنيات في مجال تحسين كفاءة الطاقة إلى مرحلة الاستغلال التجاري، أو أوشكت على ذلك. لكن يمكن ألا تنتَج هذه التقنيات على نطاق واسع على الإطلاق، بسبب عوامل متعددة: كلفتها الأولية المرتفعة، ونقص الوعي عند المستهلك، والغموض الذي يكتنف السوق. وستدعم الحوافز الضريبية المنتجين لتبرير الإنتاج بالجملة، وتسويق التقنيات المبتكرة في مجال تحسين كفاءة الطاقة. ومن جهة

أخرى فإن الامتيازات الضريبية يمكن أن تساعد المشتري أو المنتج في موازنة ارتفاع الكلفة الأولية العالية نسبياً في السنوات الأولى من الإنتاج، مما يؤدي إلى نمو المبيعات والتسويق. ومن الممكن إلغاء الامتيازات الضريبية تدريجياً بعد أن يتم إنتاج التقنيات الجديدة على نطاق واسع، وما ينتج عنه من انخفاض في كلفتها.

تشمل هذه السياسة تقديم حوافز ضريبية تمتد تقريباً على مدى خمس سنوات للتقنيات المتقدمة في مجال الأنظمة ذات الكفاءة العالية، سواء الأجهزة الكهربائية، أو الأبنية الحديثة السكنية والتجارية، أو السيارات الهجينة وتلك العاملة على خلايا الوقود، أو أنظمة التوليد ذات الدارة المركبة للحرارة والكهرباء. ستبلغ الكلفة الإجمالية لهذه السياسات حوالي 10 مليارات دولار، وستوفر هذه الاعتمادات الطاقة بشكل مباشر، بسبب شراء الأجهزة المحققة لشروط منح هذه الاعتمادات. لكن إذا تمكنت هذه الحوافز من مساعدة هذه التقنيات المبتكرة في الوقوف على قدميها في السوق، وتخفيض ارتفاع الكلفة الأولية، فإن الانعكاسات غير المباشرة بعد انتهاء الاعتمادات ستكون أكبر بكثير من الانعكاسات المباشرة (Quinlan, Geller, and Nadel 2001). إن قانون الطاقة الشامل الذي تبناه مجلس الشيوخ الأمريكي في نيسان/ إبريل 2002 يتضمن امتيازات ضريبية تتماشى وهذه السياسات.

السياسة السابعة: التوسع في البرامج الفيدرالية للبحث والتطوير والنشر

كما ذكر في الفصل الثالث، ساهمت برامج تحسين كفاءة الطاقة الممولة من وزارة الطاقة الأمريكية، ووكالة الحماية البيئية في تطوير تقنيات كثيرة مبتكرة في مجال تحسين كفاءة الطاقة والتوسع في استخدامها. وساعدت البحوث التي مولتها وزارة الطاقة الأمريكية في خفض الكلفة وتحسين أداء أنظمة طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة المتجددة الأخرى (EERE 2000). إضافة إلى ذلك، أوصت لجنة مستشاري الرئيس كلنتون للعلوم والتقانة بزيادة الإنفاق على البحث والتطوير، ولاسيما في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة

المتجددة، بسبب المزايا الكبيرة الكامنة، وتقلص مساهمة القطاع الخاص في هذا المجال (PCAST 1997).

استناداً إلى الميزانية المحددة والمقترحة في تقرير (PCAST) فإن هذه السياسة تطلب زيادة التمويل المخصص لبرامج وزارة الطاقة الأمريكية في مجال البحث والتطوير، وفي مجال تحسين كفاءة الطاقة بحوالي 15٪ سنوياً. وستبلغ هذه الزيادة 20٪ سنوياً للبحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة على مدى ثلاث سنوات. والأمر نفسه بالنسبة لتمويل برامج وكالة الحماية البيئية في مجال تخفيض الانبعاثات الغازية المسببة لظاهرة الدفيئة، حيث سيزداد بنسبة 20٪ سنوياً. وستبلغ الزيادة الإجمالية في التمويل الفيدرالي لبرامج تحسين كفاءة الطاقة وبرامج الطاقة المتجددة حوالي 190 مليون دولار سنوياً.[6]

يفترض أن التوسع في برامج البحث والتطوير والنشر لتحسين كفاءة الطاقة على هذا النحو سيوفر حوالي 1 كواد من الطاقة عام 2010 وحوالي 3 كواد عام 2020 (Nadel and Geller 2001). وتتسم هذه الوفورات التقديرية بأنها محافظة، ويفترض أن بعض هذه الوفورات قد حُسبت ضمن سياسات أخرى مقترحة. وإضافة إلى ذلك، فإنه لا يفترض وجود توليد إضافي للطاقة المتجددة، بسبب الفصل بين معايير الطاقة الكهربائية المتجددة ومعايير الوقود (انظر السياستين 4 و10). إن التوسع في البحث والتطوير في مجال تقنيات الطاقة المتجددة سيسهل التنفيذ والتوافق وهذه المتطلبات.

السياسة الثامنة: إزالة العقبات أمام أنظمة التوليد وفق الدارة المركبة للحرارة والطاقة

تنتج أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة عدة أنواع مفيدة من الطاقة (كالكهرباء والبخار) من نوع واحد من الوقود، وتتميز هذه الأنظمة بكفاءة أكبر بكثير من الأنظمة العادية التي تنتج، الكهرباء والبخار بشكل منفصل. لكن انتشار هذه الأنظمة ذات الكفاءة العالية تعوقه عدة عيوب في السياسات التنظيمية الحكومية والخاصة بمؤسسات الطاقة، منها:

1. عدم اعتراف المعايير البيئية بمكاسب الأداء المتحققة في حال استخدام أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة، وهذا يعني عدم منح أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة أرصدة الانبعاثات المناسبة لقاء قيامها بالتعويض عن الانبعاثات الصادرة من محطات توليد الطاقة.

2. صعوبة ربط أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة بالشبكة الخاصة بمؤسسات الطاقة، نتيجة للأنظمة السائدة في هذه المؤسسات.

3. تفرض مؤسسات الطاقة على الشركات رسوماً غير عادلة في حال استخدامها أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة وخروجها عن الشبكة، أو أنها تفرض تعرفة مرهقة للحصول على الطاقة من مؤسسات الطاقة في حالات الضرورة وعلى شكل طاقة احتياطية.

4. تفرض القواعد المتبعة في حساب الاهتلاك الضريبي غرامات على عدد كبير من أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة (Casten and Hall 1998).

تعالج السياسة المقترحة هنا جميع هذه القضايا، حيث سيتم إصلاح التشريعات البيئية الخاصة بأنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة، ومنحها الأرصدة المناسبة لقاء الانبعاثات التي جرى تجنب إطلاقها من محطات توليد الطاقة، وسيوضع قانون لمعايير موحدة لربط أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة مع شبكات مؤسسات الطاقة، وستُمنع مؤسسات الطاقة من فرض رسوم خروج على الشركات فيما إذا رغبت في استخدام أنظمة الدارة المركبة، وستُلزم مؤسسات الطاقة بفرض تعرفة عادلة للحصول على الطاقة الاحتياطية. وأخيراً سيحدَّد زمن اهتلاك يتناسب والعمر الحقيقي الفعلي لأنظمة التوليد المشترك.

وضعت وزارة الطاقة الأمريكية ووكالة الحماية البيئية نصب أعينها هدفاً تضاف بموجبه 50000 ميجاواط من أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة الجديدة بحلول عام 2010، وهذا يعادل السعات الموجودة منها في الولايات المتحدة عام 2000. ويمكن تحقيق

هذا الهدف فيما إذا نفِّذت الإجراءات المقترحة هنا، إضافة إلى أنه من الممكن إضافة 95000 ميجاواط أخرى من هذه الأنظمة في أثناء 2011–2020 نتيجةً لهذه الإجراءات (Nadel and Geller 2001). وسيعمل معظم هذه الأنظمة على الغاز الطبيعي، ويبلغ وفر الطاقة المتحقق منها 1.1 كواد عام 2010، ويصل إلى 2.9 كواد عام 2020.

السياسة التاسعة: تشديد معايير الانبعاثات على محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم

دخل عديد من محطات توليد الطاقة القديمة العاملة على الفحم في الوقت الراهن مرحلة الشيخوخة بموجب قانون الهواء النظيف، وهذا يعني أن هذه المحطات لا تلزم بتحقيق نفس معايير الانبعاثات بالنسبة لأكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، والجزيئات الدقيقة، والتي تطبق على محطات توليد الطاقة التي بنيت بعد إقرار قانون الهواء النظيف عام 1970.

تعمل في الوقت الراهن 850 محطة أنشئت قبل عام 1970، وتبلغ سعتها الإجمالية حوالي 145000 ميجاواط، وقد أنتجت حوالي 21٪ من الطاقة الكهربائية الإجمالية في الولايات المتحدة عام 1999 (Shoengold 2001).

يبلغ التلوث الذي تسببه محطات توليد الطاقة القديمة هذه منسوباً لوحدة الطاقة المنتجة 3–5 أضعاف نظيرتها الحديثة العاملة على الفحم. وتبلغ انبعاثات أكاسيد النيتروجين والجزيئات الدقيقة 15–50 ضعف أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة الحديثة العاملة على الغاز الطبيعي (Cavanagh 1999). إضافة إلى أن محطات التوليد القديمة هذه أقل كفاءة من معظم محطات توليد الطاقة الحديثة. وحينما تم تبني قانون الهواء النظيف كان ينتظر أن تتقاعد محطات توليد الطاقة القديمة الملوثة للبيئة في النهاية، لكن ما جرى كان عكس ذلك حيث لجأت مؤسسات الطاقة إلى تشغيل هذه المحطات لأطول فترة ممكنة نظراً لانخفاض كلف تشغيلها.

ضمن إطار هذه السياسة المقترحة هنا يجب أن تعامل محطات التوليد القديمة والحديثة على قدم المساواة فيما يتعلق بمعايير الانبعاثات وتطبق عليها نفس المعايير، وهذا يستلزم إدخال تحسينات على محطات التوليد القديمة وتحديثها بما يتلاءم والمعايير الجديدة، كما يتطلب إغلاق عدد كبير من هذه المحطات، وأن تستبدل بها محطات أخرى أنظف من الناحية البيئية وأكفأ، مثل أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة العاملة على الغاز الطبيعي، أو تقنيات الطاقة المتجددة. ويفترض أن يكون تبني هذه السياسة فوراً، لكن يمكن إعطاء مهلة تستمر للعقدين القادمين لتطبيق مضمون هذه السياسة على مراحل وبشكل تدريجي، ويمنح ذلك مؤسسات الطاقة الوقت اللازم لإعادة تقويم خياراتها لتحقيق متطلبات هذه المعايير، من دون التسبب باضطرابات غير مرغوب فيها لسوق الطاقة.

وبديلاً لذلك يمكن تحقيق نفس الأهداف العامة من خلال تبني معايير جديدة للانبعاثات كجزء من استراتيجية التصدي للملوثات الأربعة في قانون الهواء النظيف، وهي انبعاثات أكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، والزئبق، وثاني أكسيد الكربون، ضمن إطار متكامل. وعلى سبيل المثال، مشروع القانون المقدم من قبل السيناتور جيفوردز والسيناتور ليبرمان (S.556) وعضوي مجلس النواب بولارت وواكسمان (H.R.1256) في جلسة الكونجرس رقم 107. وتشمل هذه الاستراتيجية نظام التبادل التجاري لبدلات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، مع منح أرصدة الانبعاثات للتعويض عن انخفاض الانبعاثات في حالات إيقاف محطات توليد الطاقة القديمة العاملة على الفحم عن العمل.

إن نظام التبادل التجاري لبدلات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، إضافة إلى وضع سقف محدد صارم لانبعاثات الملوثات الأربعة، سيؤدي إلى تقاعد عدد من محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم التي عفا عليها الزمن.

ومن المفترض أن تؤدي هذه السياسة، إضافة إلى نظام معيار محفظة الطاقة المتجددة، إلى الاستعاضة عن 25٪ من الكهرباء الناتجة عن محطات توليد الطاقة القديمة العاملة على

الفحم بأخرى ناتجة عن محطات توليد الطاقة ذات الدارة المشتركة العاملة على الغاز الطبيعي، أو من مصادر متجددة، وذلك بحلول عام 2010. ويفترض أن تصل هذه النسبة إلى 50٪ بحلول عام 2020. ونظراً للكفاءة العالية التي تتمتع بها محطات التوليد الحديثة العاملة على الغاز الطبيعي فستبلغ الوفورات المتحققة 0.9 كواد عام 2010، وستصل إلى ما يناهز 1.8 كواد عام 2020. ومن جهة أخرى فإن هناك انعكاسات إيجابية كبيرة على البيئة تتمثل في تخفيض انبعاثات المواد الملوثة للهواء (ELI 2000).

السياسة العاشرة: وضع معايير لمحتوى الكربون أو الطاقة المتجددة في وقود السيارات

تجري حالياً بدأب عملية تطوير استخلاص الوقود من أنواع الطاقة المتجددة، مثل إنتاج الإيثانول من الكتلة الحيوية، أو الهيدروجين من الطاقة الشمسية. وجرى في الفصل الرابع استعراض البرنامج الواسع والناجح لاستخلاص الإيثانول في البرازيل. وبالعودة إلى الولايات المتحدة الأمريكية جرى عام 2000 إنتاج 1.6 مليار جالون (6 مليارات لتر) من الإيثانول من الذرة (EIA 2001a). إذ يخلط الإيثانول مع البنزين فيؤدي إلى تخفيض استهلاك النفط وتقليص الانبعاثات لبعض المواد الملوثة.

ويمكن إلزام الشركات العاملة في مجال إمدادات البنزين بتحقيق حد أدنى لمحتوى إمداداتهم من الوقود من الطاقة المتجددة، أسوة بنظام معيار محفظة الطاقة المتجددة المتبع في توليد الطاقة الكهربائية، ويمكن أن يأخذ هذا النظام أحد شكلين: إما تحديد حد أدنى لمحتوى الوقود من الطاقة المتجددة، وإما تحديد سقف لمتوسط انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من وقود السيارات. ويبقى الخيار مفتوحاً أمام الشركات المزودة للوقود للالتزام بهذه المعايير، سواء من خلال الاعتماد على نفسها، أو عن طريق شراء أرصدة قابلة للتبادل من المنتجين الآخرين للطاقة المتجددة أو للوقود ذي المحتوى الكربوني المنخفض.

لقد تضمن عديد من مشاريع القوانين التي قدمت لجلسة الكونجرس رقم 107 معايير للوقود المتجدد. إن مشروع قانون الطاقة الشامل الذي تبناه الكونجرس عام 2002

يفرض زيادة ثابتة في نسبة الإيثانول مع البنزين، حتى يصل الإنتاج عام 2012 إلى ما يناهز 5 مليارات جالون سنوياً. وتم تقديم حافز حجمي يعادل 50٪ لمنتجات الإيثانول الحيوي المستخلص من المواد السيلولوزية بدلاً من الذرة.

ستؤدي هذه السياسة إلى إنشاء معايير لانبعاثات الكربون من البنزين، حيث ستبدأ بتخفيض مقداره 5٪ بالنسبة لمتوسط الانبعاثات بحلول عام 2010، وسترتفع هذه النسبة بمقدار 1٪ سنوياً لتصل عام 2015 إلى 15٪. وسيتم استكمال هذه المعايير عبر التوسع في البحث والتطوير والبرامج الموجهة لإنشاء الأسواق، وتقديم الحوافز المالية لتشجيع إنتاج الوقود ذي المحتوى الكربوني المنخفض، مثل الإيثانول الحيوي والهيدروجين ذي الأساس الحيوي أو الشمسي.

من المفترض أن يكون معظم التخفيض على متوسط محتوى الكربون في الوقود من خلال الإيثانول الحيوي. إن الإيثانول الحيوي (على عكس الإيثانول المستخلص من الذرة) يستخلص من المخلفات الزراعية ذات الكلفة المنخفضة وبقايا الغابات والنباتات أو المحاصيل الزراعية المخصصة لإنتاج الطاقة. ويتمتع الإيثانول الحيوي بكلفة أقل من الإيثانول المستخلص من الذرة، وتقترب الانبعاثات الكربونية الناتجة عنه من الصفر (Interlaboratory Working Group 2000).[7]

تخضع تقنيات إنتاج الإيثانول الحيوي حالياً لعملية تطوير حثيثة، لكن هناك مجموعة من العوامل التي تعوق الاستغلال التجاري للإيثانول الحيوي، منها عدم التأكد من أداء المعامل المخصصة لهذا الغرض كلياً، وجدواها الاقتصادية، واحتمالات السوق المختلفة (CEC 2001a, Wyman 1999). إضافة إلى الإيثانول الحيوي فإن الإيثانول يمكن إنتاجه من قصب السكر باستخدام التقنيات التي طُورت في البرازيل.

وعلى الأرجح سيُمزج الإيثانول الناتج من هذه الطريقة بالبنزين، ويمكن استخدام الإيثانول في بعض السيارات التي من الممكن أن تعمل على الإيثانول الصرف أو على

المزيج الذي يغلب عليه الإيثانول. على أي حال يتطلب الحل الأخير تطوير بنية تحتية للإمداد بوقود الإيثانول. ويفترض أيضاً أن كلفة إنتاج الإيثانول الحيوي ستنخفض من 1.40 دولار للجالون في الوقت الحاضر إلى 0.91 دولار للجالون بحلول عام 2020 (حسب قيمة الدولار عام 1999)، نتيجة البحث والتطوير المستمرين، إضافة إلى اكتساب المعارف التقنية، وانخفاض الكلفة الناتجة عن الإنتاج بالجملة (Interlaboratory Working Group 2000).

الطاقة والآثار الاقتصادية والبيئية

لتحليل الآثار المحتملة لسيناريو الطاقة النظيفة على صعيد الطاقة والاقتصاد والبيئة تجرى مقارنة بينه وبين السيناريو المعتاد.[8] فقد تم تحليل السياسات العشر في سيناريو الطاقة النظيفة مع بعضها لتجنب احتمال حدوث الخطأ، وإمكانية حساب الوفورات مرتين. إضافة إلى ذلك كان تحليل كل سياسة بمفردها للوقوف على مساهمة هذه السياسة في تحقيق الوفورات، أو الوفر في الطلب، وللقيام بذلك تمت أولاً دراسة سياسات توفير الطاقة، وبعد ذلك البحث في سياسات إمداد الطاقة.[9]

لقد اشتُق السيناريو الأساسي، وهو مشابه للحالة المرجعية الواردة في تقرير **توقعات الطاقة السنوية لعام 2001** *Annual Energy Outlook* بعد إجراء كثير من التغيرات على فرضيات إدارة معلومات الطاقة فيما يتعلق بتقنيات الطاقة المتجددة، وذلك لتعكس كلفتها وآفاقها بشكل أفضل. وتم أيضاً تعديل فرضية تحسين كفاءة الوقود في سيارات الركاب الواردة في الحالة المرجعية لإدارة معلومات الطاقة. وكما ذكر سابقاً فإن كفاءة الوقود في السيارات لم تتحسن، مع أنها انخفضت خلال الخمسة عشر عاماً المنصرمة. وتفترض إدارة معلومات الطاقة أن هذه النزعة ستتغير وسيتغير اتجاهها، حيث سترتفع كفاءة الوقود في سيارات الركاب بنسبة 16٪ خلال الفترة 2010–2020 من دون سياسات جديدة (EIA 2001c). ويبدو أن هذا الافتراض غير واقعي، فقد تراجع معدل كفاءة الوقود في السيارات حسب السيناريو الأساسي.

أُخذت أسعار جميع أنواع الوقود في السيناريو الأساسي من تقرير **توقعات الطاقة السنوية** لعام 2001. وتمت نمذجة أسعار الطاقة الواردة في سيناريو الطاقة النظيفة، والأخذ بالاعتبار انخفاض الطلب والتغيرات في بنية إمدادات الطاقة بفعل السياسات المختلفة، والافتراض أن متوسط معدل النمو الاقتصادي هو نفسه في سيناريو الطاقة النظيفة وفي السيناريو الأساسي، وهو حوالي 3٪ سنوياً بين عامي 1999 و2020 (EIA 2000c). ووزعت كلف إجراءات تحسين كفاءة الطاقة على عمر كل إجراء بغية الأخذ بالحسبان للكلفة والعائد بأسلوب منسجم.[10] أما في حالة الإجراءات التي تستمر لما بعد عام 2020 فلم يؤخذ بالاعتبار كل الكلف والعوائد في التحليل. وفي النهاية فإن التحليل قد أعطى صورتين مختلفتين تماماً لما يمكن أن يكون عليه مستقبلنا في مجال الطاقة، وذلك فيما يتعلق بمصادر الطاقة، ونمو الطلب، والكلفة، والآثار البيئية.

يلخص الجدول (5-2) استخدام الطاقة الإجمالي، والانبعاثات الكربونية وغيرها، والآثار الاقتصادية عامي 2010 و2020 في كلا السيناريوهين. ويصل استهلاك الطاقة الأساسي الإجمالي عام 2010 إلى 115 كواد، وإلى 128 كواد عام 2020، وذلك حسب السيناريو الأساسي بمتوسط معدل نمو سنوي 1.3٪. ومن جهة أخرى وحسب سيناريو الطاقة النظيفة، سينخفض استهلاك الطاقة الأساسية بسبب السياسات العشرٌ بمعدل 11٪ عام 2010، و26٪ عام 2020، وذلك بالمقارنة مع استهلاك الطاقة وفق السيناريو الأساسي. وسيرتفع بشكل طفيف استخدام الطاقة الأساسية خلال العقد القادم حسب سيناريو الطاقة النظيفة، لكن سيعود إلى التراجع خلال الفترة 2010-2020 (الشكل 5-3). وسينخفض استخدام الطاقة الأساسية عام 2020 بقليل عن المستوى السائد عام 1999، برغم أن عدد السكان سيرتفع بنسبة 19٪ وسينمو الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 86٪ خلال هذه المدة (EIA 2000c).

الجدول (5-2)

مقارنة بين سيناريو الطاقة النظيفة والسيناريو الأساسي

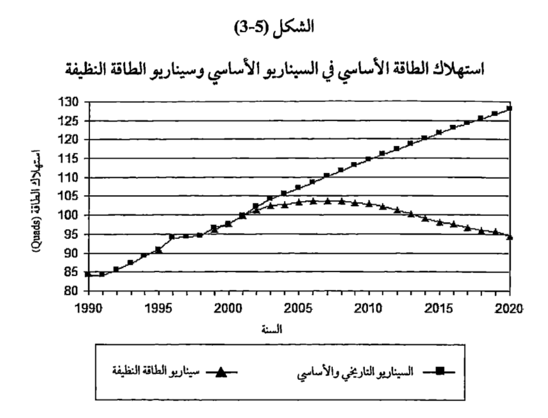
	1999	السيناريو الأساسي 2010	سيناريو الطاقة النظيفة 2010	السيناريو الأساسي 2020	سيناريو الطاقة النظيفة 2020
الطاقة عند المستخدم النهائي (كواد)	71.6	86.5	79.2	98.3	78.4
الطاقة الأساسية (كواد)	96.1	114.6	103.1	128.1	94.4
الفحم	21.4	25.2	17.3	26.2	5.7
النفط	38.0	44.9	40.6	51.7	39.3
الغاز	22.0	28.7	24.8	35.5	28.2
الطاقة النووية	7.8	7.7	7.8	6.1	5.9
الطاقة المائية	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1
الطاقة المتجددة غير المائية	3.4	4.8	9.2	5.3	12.0
الانبعاثات الكربونية (مليون طن متري)	1505	1817	1479	2063	1202
الانبعاثات الأخرى (مليون طن متري)					
أكسيد الكبريت	15.75	12.79	11.52	12.68	4.90
أكاسيد الآزوت	20.51	16.48	15.35	16.88	13.11
جزيئات (PM-10)	1.45	1.49	1.38	1.63	1.36
الوفورات الاقتصادية الإجمالية (مليار دولار بسعر صرف عام 1999)		-	146	-	554
الناتج المحلي الإجمالي (مليار دولار بسعر صرف عام 1999)	9273	13234	13234	17254	17254
كثافة الطاقة (ألف وحدة حرارية بريطانية/ دولار حسب سعر صرف عام 1999)	10.4	8.7	7.8	7.4	5.5

سينمو استخدام الطاقة المتجددة (ماعدا الطاقة المائية) وفق سيناريو الطاقة النظيفة من 3.4 كواد عام 1999 إلى 9.2 كواد عام 2010 ليصل إلى 12 كواد عام 2020، وهذا

يكافئ نمواً إجمالياً سنوياً بمعدل 6٪، وهو أكبر بثلاثة أضعاف النمو المفترض في السيناريو الأساسي. وتؤمن الطاقة المتجددة بما فيها الطاقة المائية ما يعادل 16٪ من إمدادات الطاقة الأساسية في الولايات المتحدة عام 2020، وفق سيناريو الطاقة النظيفة بالمقارنة مع 7٪ عام 1999.

الشكل (5-3)

استهلاك الطاقة الأساسي في السيناريو الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة



سيزداد استخدام النفط بمقدار الثلث بحلول عام 2020 وفق السيناريو الأساسي، وستزداد الواردات النفطية بأكثر من 60٪ خلال نفس الفترة؛ حيث سترتفع نسبة الواردات النفطية إلى الاستهلاك النفطي الإجمالي في الولايات المتحدة الأمريكية من 55٪ لتصل إلى 70٪ عام 2020.

إن السياسات الواردة في سيناريو الطاقة النظيفة ستحدّ بشكل كبير من نمو المستوردات النفطية. وسينخفض استهلاك النفط عام 2010 مقارنةً بالسيناريو الأساسي

بمقدار 10٪، بينما ستنخفض المستوردات النفطية بمقدار 14٪، وذلك بفرض أن الإنتاج المحلي من النفط سيبقى على مستواه في الحالتين. وبحلول عام 2020 سينخفض استخدام النفط بمقدار 24٪، بينما ستنخفض المستوردات النفطية بمقدار 35٪، وذلك وفقاً لسيناريو الطاقة النظيفة بالمقارنة مع السيناريو الأساسي.

أما الفحم فسيرتفع استهلاكه بنسبة 22٪ خلال المدة 1999–2020 حسب السيناريو الأساسي، بينما في سيناريو الطاقة النظيفة سينخفض استهلاكه بنسبة 73٪ خلال نفس المدة، بسبب تحسين كفاءة الطاقة، وإحلال محطات توليد الطاقة التي تعمل على الغاز الطبيعي ومصادر الطاقة المتجددة محل تلك العاملة على الفحم. وبالتالي يفترض سيناريو الطاقة النظيفة حدوث تحول كبير على نطاق واسع عن استخدام الفحم في الولايات المتحدة مشابه لما جرى فعلياً في المملكة المتحدة، والذي تم ضمن فترة زمنية قصيرة (راجع الفصل الرابع).

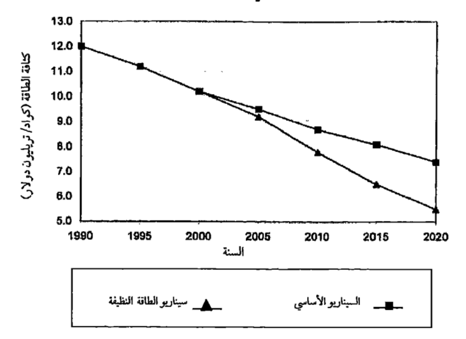
سيزداد استخدام الغاز الطبيعي بنسبة 29٪ خلال الفترة 1999–2020 وفق سيناريو الطاقة النظيفة، بسبب تزايد استخدامه في توليد الطاقة الكهربائية، ويدل هذا على الحاجة لزيادة إمدادات الغاز الطبيعي، لكن هذه الزيادة تبقى أقل بكثير من نسبة النمو المتوقعة والبالغة 62٪ في حالة السيناريو الأساسي.

إن استخدام الطاقة الكهربائية عام 2020 هو نفسه تقريباً عام 1999 حسب سيناريو الطاقة النظيفة، برغم أن النمو في مصادر الطاقة المتجددة وأنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة سيقلص بشكل كبير من الحاجة إلى الوقود الأحفوري والطاقة النووية. وستؤمّن مصادر الطاقة المتجددة (بما فيها الطاقة المائية) حوالي 21٪ من حاجة الولايات المتحدة من الطاقة الكهربائية عام 2010، وحوالي 26٪ عام 2020 حسب سيناريو الطاقة النظيفة. وللمقارنة فإن الطاقة المتجددة وأنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة تغطي ما يقارب 16٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية عام 1999. ولا تتغير نسبة الطاقة الكهربائية المنتجة من هذه الخيارات بموجب السيناريو الأساسي.

تستمر كثافة الطاقة القومية في الانخفاض بمعدل متوسط مقداره 1.6٪ سنوياً، خلال الفترة 1999–2020 في السيناريو الأساسي (الشكل 5–4). ويعود سبب هذا الانخفاض إلى تغيرات هيكلية في الاقتصاد، وإلى الوفورات في الطاقة الناتجة عن تطبيق معايير كفاءة الطاقة، والبرامج المتواصلة في مجال تحسين كفاءتها على المستوى المحلي وعلى مستوى الولايات والمستوى الفيدرالي، إضافة إلى الابتكارات التقنية المتوقعة. أما في سيناريو الطاقة النظيفة فتنخفض كثافة الطاقة القومية بمعدل متوسط مقداره 3٪ سنوياً حتى عام 2020، وهي ضعف المعدل في السيناريو الأساسي، وأكبر بقليل من المعدل الذي كان سائداً في الفترة 1973–1986، وأصغر بقليل من المعدل الذي كان سائداً في الفترة 1996–2000، وبالتالي فإن هذه السياسات لها تأثير كبير، لكن ليس بشكل جذري، في نمو وكثافة الطاقة.

الشكل (5-4)

كثافة الطاقة حسب السيناريو الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة والبيانات التاريخية

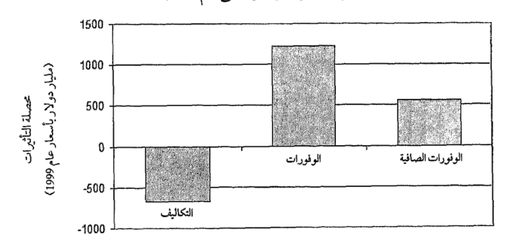


يلخص الشكل (5-5) الكلف والعوائد الاقتصادية المباشرة للسياسات العشر الواردة في سيناريو الطاقة النظيفة، حيث ستساهم هذه السياسات في تدفق استثمارات متزايدة لتحسين كفاءة الطاقة في مجالات متعددة، منها: إنشاء الأبنية، وتصنيع الأجهزة ذات الكفاءة العالية، وإنتاج سيارات وشاحنات اقتصادية في استهلاك الوقود، وبناء محطات توليد طاقة أكثر كفاءة وأقل تلوثاً للبيئة، وتطوير مصادر الطاقة المتجددة...الخ. وتبلغ الاستثمارات الإجمالية في مجال تحسين كفاءة الطاقة حوالي 487 مليار دولار، وفي مجال تقنيات الطاقة المتجددة 186 مليار دولار حتى عام 2020.[11] ولوضع هذه الأرقام في إطارها الصحيح فإن فاتورة الطاقة الإجمالية (كل مشتريات الطاقة بالتجزئة) كانت تساوي 558 مليار دولار عام 1999 (EIA 2000c).

الشكل (5-5)

التكلفة والوفورات والوفورات الصافية الناتجة عن السياسات

(القيمة الحالية التراكمية حتى عام 2020)



يؤدي تطبيق إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة إلى الحد من استخدام الطاقة التقليدية، وتحقيق وفورات في كلف التشغيل في بعض المجالات مثل مصافي النفط. وبشكل عام، سيجري الوصول إلى تحقيق وفورات تبلغ 1.2 تريليون دولار من قبل المستهلكين وقطاع الأعمال بحلول عام 2020 نتيجة لهذه السياسات. إن الوفورات في

فاتورة الطاقة وفي كلف التشغيل تتجاوز الاستثمارات الموضوعة لهذا الغرض، حيث تبلغ الوفورات الصافية حوالي 145 مليار دولار بحلول عام 2010، وتصل إلى 554 مليار دولار بحلول عام 2020. وتنمو الوفورات الصافية مع مرور الوقت، بسبب طول الفترة اللازمة لاسترداد الكلفة الأولية لإجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

ويبين الجدول (5-3) فعالية كلفة كل سياسة مع الأخذ بالحسبان كل الكلف والوفورات حتى عام 2020. وإذا ما أخذنا السياسات الموجهة نحو جانب الطلب على الطاقة بشكل متكامل، فإننا نجد أن فعالية كلفتها عالية جداً، وتصل عوائدها إلى ثلاثة أمثال الكلفة، وهذا يعادل مكاسب اقتصادية تربو على 655 مليار دولار. وعلى النقيض من ذلك فإن السياسات الموجهة نحو إمدادات الطاقة لا تتمتع بهذه الميزة استناداً إلى التكاليف والعوائد المباشرة (بغض النظر عن الآثار البيئية والاجتماعية). وتتطلب السياستان المتعلقتان بالطاقة المتجددة استثمارات تتجاوز تكاليفها 102 مليار دولار، لكن يجب أن نلاحظ أنه ليس كل سياسة بمفردها تتمتع بفعالية الكلفة، ولكن حين تطبق هذه السياسات ضمن إطار عام واحد، فإن ذلك يؤدي إلى وفر صافٍ مقداره 554 مليار دولار خلال العشرين سنة القادمة.

سيكون لهذه السياسات أيضاً أثر اقتصادي إيجابي يتمثل في تخفيض أسعار بعض أشكال الطاقة بسبب تراجع الطلب عليها، حيث من المتوقع أن تنخفض أسعار الغاز الطبيعي بنسبة 37٪ بالمقارنة مع الأسعار الواردة في السيناريو الأساسي عام 2020، ويتوقع أيضاً أن تشهد أسعار الغاز الطبيعي مزيداً من الانخفاض لتصل إلى أدنى من المستوى السائد عام 1999. ونفس الشيء ينسحب على الفحم بسبب الانخفاض الكبير في استخدامه في سيناريو الطاقة النظيفة.[12] أما أسعار الكهرباء فإنها ستشهد ارتفاعاً طفيفاً في سيناريو الطاقة النظيفة، وذلك بالمقارنة مع السيناريو الأساسي بسبب برنامج معيار محفظة الطاقة المتجددة وتشديد معايير الانبعاثات.

الجدول (5-3)

التكاليف والعوائد الاقتصادية لكل سياسة

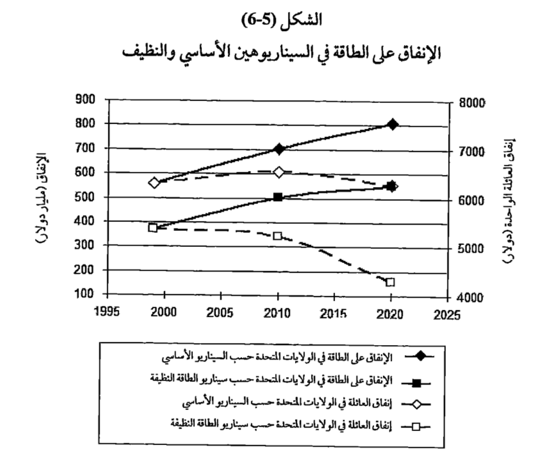
(تمثل المحصلة القيم عام 2020 حسب قيمة الدولار عام 1999)

	التكاليف	الوفورات	الوفورات الصافية
رفع معايير كفاءة الوقود في السيارات	102	251	148
تأسيس صندوق رسم المنفعة العامة	130	231	101
تبني اتفاقيات طوعية لتخفيض استخدام الطاقة في الصناعة	48	159	112
تأسيس معيار محفظة الطاقة المتجددة لقطاع منتجي الطاقة	44	26	19-
تبني معايير جديدة لتحسين كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية وكودات أقوى للأبنية	37	145	107
تأمين الحوافز الضريبية للتقنيات المبتكرة في مجال الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة	17	26	8
التوسع في البرامج الفيدرالية للبحث والتطوير والنشر	33	86	53
إزالة العقبات أمام أنظمة التوليد المشترك للحرارة والطاقة	63	189	125
تطبيق معايير متشددة على محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم	142	123	19-
تأسيس معايير لمحتوى الكربون أو الطاقة المتجددة لوقود السيارات	57	7-	64-
المحصلة وفق سيناريو الطاقة النظيفة	**674**	**1229**	**554**

يبين الشكل (5-6) الإنفاق على الطاقة في كلا السيناريوهين مع أخذ التأثيرات المباشرة وغير المباشرة لأسعار الطاقة بالاعتبار. ويتوقع أن يرتفع الإنفاق على الطاقة في الولايات المتحدة، حسب السيناريو الأساسي من 557 مليار دولار عام 1999، ليصل إلى 809 مليارات دولار عام 2020 (حسب سعر صرف الدولار عام 1999). وسيستقر الإنفاق الإجمالي على الطاقة حسب سيناريو الطاقة النظيفة في حدود 555 مليار دولار عام 2020، ويوفر مقداره 31٪ بالمقارنة مع الإنفاق المتوقع طبقاً للسيناريو الأساسي في نفس السنة. وسيزداد الإنفاق على الطاقة منسوباً للعائلة الواحدة (بما فيها الطاقة المستهلكة في المنازل والأعمال والنقل) من 5355 دولاراً عام 1999 إلى 6249 دولاراً عام 2020 حسب السيناريو الأساسي. بينما في سيناريو الطاقة النظيفة سينخفض الإنفاق على الطاقة منسوباً للعائلة الواحدة إلى 4278 دولاراً عام 2020.

الشكل (5-6)

الإنفاق على الطاقة في السيناريوهين الأساسي والنظيف



وسيكون لسيناريو الطاقة النظيفة تأثير إيجابي في سوق العمل وفي النمو الاقتصادي. وبرغم أنه لم يتم تحليل آثار هذه السياسات العشر وبعمق، فقد أشارت بعض الدراسات الأخرى إلى أن تحسين كفاءة الطاقة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة، سينتج عنها زيادة صافية في عدد فرص العمل (Bernow et al. 1999, Laitner, Bernow, and DeCicco 1998)، ويوضح ذلك الإطار (5-1).

الإطار (5-1)

تطور الطاقة النظيفة وفرص العمل

إن الانتقال نحو مستقبل مستدام ونظيف للطاقة سيؤدي، كأي تحول اقتصادي، إلى تغيرات في سوق العمل، وسيتم فقد عديد من الوظائف في قطاع الطاقة الأحفورية والطاقة النووية، وسيتم من ناحية أخرى خلق كثير من فرص العمل في مجال إنتاج وتركيب وخدمة تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، لكن سيكون التأثير الصافي موجباً أي أن مزيداً من الوظائف سيتم خلقها، وسيتجاوز عدد الوظائف التي يتم فقدها بسبب هذا التحول.

يعود السبب في هذا الكسب على صعيد فرص العمل إلى أن قطاع إمدادات الطاقة التقليدية (كإنتاج النفط والفحم ثم توليد وتوزيع الكهرباء) لا يعتبر من القطاعات التي تعتمد على اليد العاملة بشكل كبير، وأن تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة تحتاج إلى عمالة أكثر، مقارنة مع قطاع إمدادات الطاقة التقليدية. ومن الفوائد الأخرى لهذا التحول أن الوفورات التي سيتم تحقيقها من خلال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة، سيعاد ضخها في الاقتصاد لتساهم مرة أخرى في توفير مزيد من فرص العمل (Laitner, Bernow, and DeCicco 1998).

إن عدد الوظائف في قطاع الطاقة الأحفورية يتراجع بسبب استمرار زيادة الإنتاجية في هذا القطاع. فقد انخفض عد العاملين في قطاع استخراج الفحم في الولايات المتحدة من 243000 عامل عام 1980 ليصل إلى 83000 عامل عام 1999، برغم زيادة إنتاج الفحم (Renner 2000). ويرجع السبب في هذا الانخفاض الكبير إلى استخدام الآلات، والتحول المستمر من المناجم الواقعة في جوف الأرض إلى المناجم السطحية. وينسحب نفس الشيء على قطاع استخراج الفحم في كثير من الدول، مثل المملكة المتحدة وألمانيا والصين ودول أخرى.

انخفضت فرص العمل في قطاع صناعة الوقود الأحفوري وقطاع الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة خلال العشرين سنة المنصرمة، برغم زيادة الإنتاج (Renner 2000)، بينما تتزايد فرص العمل في قطاع الطاقة المتجددة. على سبيل المثال، في ألمانيا يبلغ عدد العاملين في قطاع صناعة طاقة الرياح 15000 منذ عام 1999، ويبلغ هذا الرقم حوالي 20000 في الدنمارك عام 2001 (Krohn 2002b, Renner 2000). وقدرت إحدى الدراسات أنه إذا استمرت صناعة طاقة الرياح في النمو وبنسبة 25٪ سنوياً، فإنها بحلول عام 2020 ستمد العالم بنسبة 10٪ من الطاقة الكهربائية المستهلكة، وستؤمن حوالي 1.7 مليون وظيفة (EWEA and Greenpeace 1999). ونفس الشيء ينطبق على الخلايا الكهرشمسية، فإذا استمرت بالنمو بنسبة تراوح بين 25 و30٪ سنوياً، فإنها ستوفر حوالي مليوني وظيفة بحلول عام 2020 (Cameron et al. 2001).

وعلى عكس الحال في قطاع صناعة الوقود الأحفوري، تتميز فرص العمل التي يخلقها استمرار نمو قطاع صناعة الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة، بأنها تنتشر على المواقع الجغرافية المختلفة، وتتضمن مواقع تتطلب مهارة ويدفع لها رواتب جيدة. وستنساب الوظائف والأموال إلى المناطق الحضرية والريفية على السواء، إضافة إلى ما يتمتع به قطاع صناعة الطاقة المتجددة، وتقنيات تحسين كفاءة

الطاقة من أمان نسبي للعاملين في هذا القطاع والقاطنين بجوار منشآت إنتاج الطاقة، على عكس الحال السائدة في منشآت إنتاج الفحم والنفط والغاز الطبيعي.

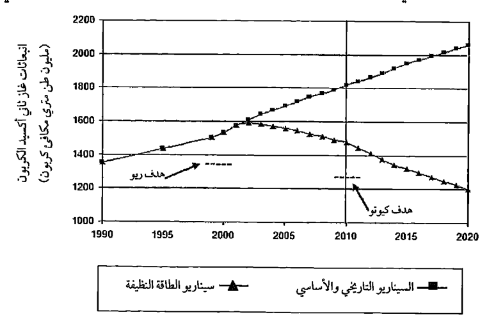
قام كثير من الدراسات بتحليل التأثير الصافي في سوق العمل لمجموعة واسعة من المبادرات لتحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقات المتجددة في دول محددة، ضمن إطار استراتيجية تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. ويبين الجدول (5-4) نتائج هذه الدراسات التي تمت في ست دول، حيث يظهر الجدول وفي جميع الحالات أن هناك تزايداً صافياً في فرص العمل بينما يترافق مع ذلك انخفاض في الانبعاثات الكربونية. ويعبر عن هذه الزيادة الصافية على سبيل المثال في الولايات المتحدة بانخفاض معدل البطالة بنسبة 0.5٪.

يجب تقديم يد العون لأولئك الذين يفقدون وظائفهم نتيجة هذا التحول نحو مستقبل الطاقة النظيفة، عن طريق إعادة تأهيلهم من خلال تمويل يستمد من ضرائب جديدة تفرض على الطاقة أو على الانبعاثات الكربونية (إذا ما تم تبني ذلك). ويجب تقديم الدعم لصناعة الطاقة المتجددة في المناطق التي يمكن أن تتأثر بشكل كبير من هذا التحول. ويمكن في هذا الإطار في الولايات المتحدة تطوير صناعات الطاقة الحيوية وطاقة الرياح في المناطق التي تضررت من خلال إغلاق مناجم الفحم، مثل أبالاشيا Appalachia أو سهول أعالي الغرب western high plains.

يبين الشكل (5-7) انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الولايات المتحدة الأمريكية حسب سيناريو الطاقة النظيفة والسيناريو الأساسي. تصل هذه الانبعاثات حسب السيناريو الأساسي والناتجة عن حرق الوقود الأحفوري إلى 1817 مليون طن متري عام 2010، وتصل إلى 2062 مليون طن متري عام 2020، وبمعدل زيادة متوسط يعادل 1.5٪ سنوياً خلال الفترة 2000-2020. وبالمقارنة مع الوضع السائد عام 1990، فإن الانبعاثات عام 2010 أعلى بنسبة 36٪، بينما عام 2020 ستكون أعلى بنسبة 54٪.

الشكل (5-7)

انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب سيناريو الطاقة النظيفة والسيناريو الأساسي



الجدول (5-4)

الآثار المتوقعة لاستراتيجيات الطاقة النظيفة على فرص العمل في ست دول أوربية

الدولة	الاستراتيجية	الفترة الزمنية	انخفاض الانبعاثات الكربونية (مليون طن متري)	تغيرات الوظائف (فرصة عمل صافية)
النمسا	التوليد المشترك، تحسين كفاءة استخدام الطاقة، الطاقات المتجددة، بدائل للنقل، ضريبة عالية على الوقود الأحفوري.	1997 – 2005	70	42,000+
الدنمارك	التوليد المشترك، التدفئة المناطقية، تحسين كفاءة استخدام الطاقة، استخدام الطاقات المتجددة.	1996 –	82	16,000+
ألمانيا	تحسين كفاءة استخدام الطاقة، استخدام الطاقات المتجددة، التخلي التدريجي عن الطاقة النووية، بدائل للنقل.	1990 – 2020	518	208,000+
هولندا	تحسين كفاءة استخدام الطاقة، طاقة الرياح.	1995 – 2005	440	71,000+
الولايات المتحدة	تحسين كفاءة استخدام الطاقة، استخدام الطاقات المتجددة، التوليد المشترك، بدائل للنقل.	1995 – 2010	4,200	870,000+

في المقابل، وحسب سيناريو الطاقة النظيفة، ستنخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى 1479 مليون طن متري عام 2010 لتصل إلى 1202 مليون طن متري عام 2020. إن هذا المستوى من التخفيض لن يحقق الهدف الوارد في بروتوكول كيوتو بالنسبة للولايات المتحدة، والذي ينص على أنه خلال الفترة 2008-2012 تجب المحافظة على نسبة تقل بما يعادل 7٪ من المستوى السائد عام 1990، ولكنه يبقى خطوة كبيرة في هذا الاتجاه.[13]

تستمر الانبعاثات الكربونية في الانخفاض بعد عام 2010 حسب سيناريو الطاقة النظيفة، وذلك مع التوسع في تبني تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، ومقارنة بالسيناريو الأساسي ستنخفض الانبعاثات الكربونية بمقدار 864 مليون طن متري

(حوالي 42٪) بحلول 2020. وبالنسبة لمستوى الانبعاثات الحالية في الولايات المتحدة، ستنخفض الانبعاثات الكربونية المتعلقة بالطاقة بنسبة 23٪ بحلول عام 2020، وذلك كنتيجة للسياسات العشر المقترحة. ويتوافق هذا المستوى من الانبعاثات الكربونية مع سيناريو استقرار المناخ، حيث تقوم الدول الصناعية بتخفيض ما تطلقه من انبعاثات كربونية بشكل مطلق بنسبة تفوق 50٪ مع حلول عام 2050، وتصل هذه النسبة عام 2100 إلى 90٪ أو أكثر (Bailie et al 2001, PCAST 1997).

يبين الجدول (5-5) التخفيضات في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الموافقة لكل سياسة من السياسات العشر. ومن السياسات التي لها حصة الأسد في هذه التخفيضات: المعايير المتشددة لتحسين كفاءة الوقود في السيارات، والاتفاقيات الطوعية، وصندوق رسوم المنفعة العامة. ويبدو غريباً أن معايير الانبعاثات المتشددة على محطات الطاقة العاملة على الفحم لا تؤدي إلا إلى انخفاض معتدل يصل إلى 43 مليون طن متري عام 2010، وإلى 71 مليون طن متري عام 2020. ويعود السبب في ذلك إلى أن السياسات الأخرى تؤدي إلى خفض كبير في الطاقة الكهربائية من مصادر تقليدية، وأن تخفيضات الكربون من السياسات الموجهة نحو جانب العرض تحسب بعد التخفيضات الناتجة عن السياسات الموجهة إلى جانب الطلب.

تخفض مجموعة السياسات العشر الملوثات الأخرى بالإضافة إلى غاز ثاني أكسيد الكربون، ومن بين هذه الملوثات التي ستنخفض بشكل كبير إذا ما حدث تطبيق هذه السياسات غاز ثاني أكسيد الكبريت، حيث سينخفض بنسبة 61٪ بحلول عام 2020، مقارنةً بالحال في السيناريو الأساسي (الشكل 5-8)، كما تنخفض انبعاثات أكاسيد النيتروجين بنسبة 22٪، والانبعاثات الجزيئية بحوالي 17٪ بحلول عام 2020. إن انخفاض انبعاثات المواد الملوثة هذه سينعكس إيجابياً على تحسين مواصفات الهواء وعلى الصحة العامة (ALA 2001, Clean Air Task Force 2000).

الجدول (5-5)

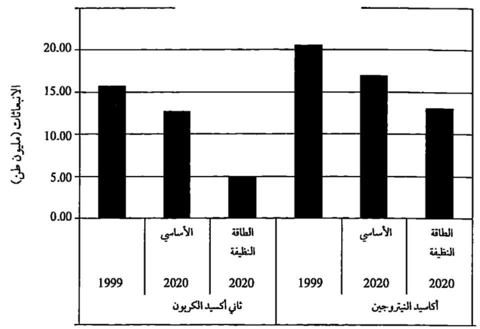
انخفاض الانبعاثات الكربونية منسوباً لكل سياسة

(مليون طن متري/ سنة)

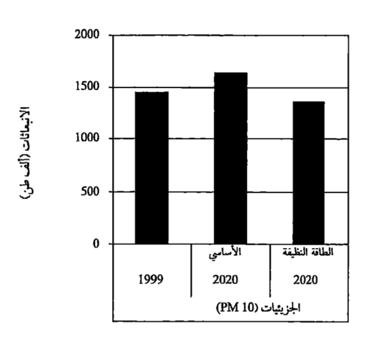
	2010	2020
انبعاثات الكربون الإجمالية وفق السيناريو الأساسي	1817	2063
رفع معايير كفاءة الوقود في السيارات	40	142
تأسيس صندوق رسوم المنفعة العام	46	127
تبني اتفاقيات طوعية لتخفيض استخدام الطاقة في الصناعة	67	132
تأسيس معيار محفظة الطاقة المتجدد لقطاع منتجي الطاقة	36	81
تبني معايير جديدة لتحسين كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية وكودات أقوى للأبنية	29	99
تقديم الحوافز الضريبية للتقنيات المبتكرة في مجال الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة	4	10
التوسع في البرامج الفيدرالية للبحث والتطوير والنشر	19	65
إزالة العقبات أمام أنظمة التوليد المشترك للحرارة والطاقة	29	78
تأسيس معايير لمحتوى الكربون أو الطاقة المتجددة في وقود السيارات	25	55
تشديد المعايير على محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم	43	71
الانبعاثات الكربونية الإجمالية وفق سيناريو الطاقة النظيفة	1479	1202

الشكل (5-8)

انبعاثات الملوثات المعيارية في سيناريو الطاقة الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة



ملوثات الهواء- الجزيئيات (PM 10)*



* (PM 10) أو (م ج 10): مقياس التعرض للتلوث بالجسيمات (الجزيئيات)، وقيمته 20 ميكروجراماً في المتر المكعب في المتوسط في السنة، أو 50 ميكروجراماً في المتر المكعب في المتوسط خلال 24 ساعة. (المحرر)

سيؤدي سيناريو الطاقة النظيفة إلى مكاسب أخرى على صعيدي البيئة والصحة العامة، من خلال تخفيض استخراج الفحم والحيلولة دون تصعيد إنتاج النفط والغاز الطبيعي في الولايات المتحدة الأمريكية. ويعد العمل في مناجم الفحم من المهن الخطيرة (Holdren and Smith 2000)، ويتسبب باضطراب الأرض وتخلف الكثير من النفايات الصلبة وتلوث مصادر المياه (NRDC 2001). إن التخفيض الكبير في استخدام النفط والغاز الطبيعي مقارنةً بالسيناريو الأساسي يمكّن سيناريو الطاقة النظيفة من إبعاد المناطق الحساسة بيئياً، مثل المحمية الوطنية القطبية، والأجزاء المحمية حالياً من الرف القاري الخارجي outer continental shelf، والمناطق البرية الغربية، عن عمليات استخراج النفط والغاز.

الخلاصة

تؤكد هذه التحليلات أن تحسين كفاءة الطاقة والتوسع في الطاقة المتجددة يمكن -أو يجب- أن تكون حجر الزاوية في سياسة الطاقة الأمريكية. وسيؤدي اتباع السياسات الواردة في سيناريو الطاقة النظيفة إلى النتائج التالية:

- خفض استيراد النفط، ومن ثم تعزيز الأمن القومي.
- توفير مئات المليارات من الدولارات على المستهلكين وقطاع الأعمال.
- خفض كبير للانبعاثات التي تصدرها الولايات المتحدة الأمريكية من غاز ثاني أكسيد الكربون، مقارنة بالتوجهات الحالية، وهو ما يضع الولايات المتحدة على المسار الصحيح لتحقيق تخفيض كبير للانبعاثات على المدى الطويل.
- تخفيض غازات ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والانبعاثات الجزيئية، وبالتالي تحسين الصحة العامة.
- التقليل من الحاجة إلى تطوير استخراج الوقود الأحفوري في المناطق الحساسة بيئياً.

يمكن القول باختصار إن هذه السياسات العشر تضع الولايات المتحدة الأمريكية على الطريق الصحيح نحو الوصول إلى مستقبل مستدام للطاقة. ولتحقيق هذا التحول لابد من انتهاج مجموعة شاملة وقوية من السياسات. إن التقليل من قوة هذه السياسات أو حذف بعضها سيؤدي إلى تخفيض الأثر الإجمالي لها، ولا يمكن تحقيق وفورات كبيرة في الطاقة وتوسع في استخدام الطاقة المتجددة بسبب الحواجز الكبيرة التي تقف في طريق ذلك، كما توضح ذلك في الفصل الثاني.

إن عدم توافر التقانة أو نقص الآليات السياسية ليس السبب الذي يقف في وجه الانتقال نحو مستقبل طاقة مستدام، فالتقنيات الواردة في سيناريو الطاقة النظيفة هي إما متوافرة تجارياً في الوقت الحاضر، وإما أنها قيد الإطلاق في الأسواق، وإن معظم السياسات المقترحة هي إما قد جرى تبنيها بنجاح على مستوى الولايات وإما على المستوى القومي في السابق، والبعض منها تم تبنيه بنجاح خارج الولايات المتحدة الأمريكية. فعلى سبيل المثال، شرّعت ولاية كاليفورنيا كثيراً من السياسات المقترحة، وتمكنت من تخفيض كثافة الطاقة والانبعاثات الكربونية بشكل كبير، مقارنة بالحالة العامة في الولايات المتحدة إجمالاً خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية.

من الجدير بالذكر في هذا الإطار أن هناك دعماً شعبياً كبيراً للانتقال نحو مستقبل مستدام للطاقة، ويدعم السكان بتوافق كبير تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، مقارنة بعمليات التنقيب عن النفط والغاز الطبيعي، أو بناء محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم أو على الطاقة النووية.

لقد بينت استطلاعات الرأي التي أجرتها مؤسسة جالوب مؤخراً أن 90٪ من السكان يفضلون الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة، و80٪ يفضلون أن تكون السيارات الحديثة ذات كفاءة أعلى في استهلاك الوقود (Gillespie 2001)، بينما يعارض معظم

الناس فتح أبواب المحمية الطبيعية القطبية الشمالية للتنقيب عن النفط أو التوسع في استخدام الطاقة النووية.

تكمن العقبات الرئيسية في وجه الانتقال نحو مستقبل مستدام على صعيد الطاقة، وكما توضح في سيناريو الطاقة النظيفة: في العطالة، والمعارضة القوية من جانب الصناعات، وعدم توافر الرغبة السياسية. ويعارض قطاع صناعة السيارات بقوة تحسين معايير كفاءة استهلاك الوقود في السيارات الجديدة، بينما تعارض مؤسسات الطاقة بشكل عام معيار محفظة الطاقة المتجددة أو رسم المنفعة العامة أو أي سياسات يمكن أن تسرع في تقاعد محطات توليد الطاقة القديمة العاملة على الفحم، كما ذكرنا في الفصل الثاني. ويعارض عديد من المصنعين والعاملين في قطاع التشييد معايير جديدة لكفاءة الطاقة في الأجهزة الكهربائية أو فرض كودات طاقة صارمة على المباني، إضافة إلى معارضة قطاع صناعة النفط لأي تعهد بخصوص إمدادات الطاقة المرتكزة على الطاقة المتجددة.

من الصعوبة بمكان على صانعي السياسة على المستوى القومي في الولايات المتحدة الأمريكية مقاومة ضغوط قطاع صناعات الطاقة والسيارات، بينما تمكن صانعو السياسة في بلدان أخرى -بما فيها دول أوربا الغربية واليابان- من تبني سياسات قوية نسبياً لتحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة، إضافة إلى أن هناك عديداً من الدول النامية سارت على نفس النهج وتبنت مبادرات ناجحة لتخفيض الهدر في الطاقة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة، كما ذكرنا في الفصل الرابع. لكن كما هي الحال في الدول الصناعية، فإنه يمكن للدول النامية أن تحقق مكاسب أكبر من خلال سياسات شاملة لزيادة كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة. وسيناقش الفصل الخامس هذه الفرصة في إحدى الدول النامية الكبرى وهي البرازيل.

الإطار (5-2)

المساهمات في الحملات الانتخابية وسياسات الطاقة

تعتبر قطاعات الطاقة وصناعة السيارات من المساهمين الرئيسيين في الحملات الانتخابية في الولايات المتحدة الأمريكية، ففي الدورة الانتخابية لعام 2000 (1999–2000) ساهمت شركات الطاقة والمصادر الطبيعية بحوالي 65 مليون دولار في الحملات الانتخابية للكونجرس وللرئاسة الأمريكية، حيث ذهبت ثلاثة أرباع هذه المبالغ إلى الجمهوريين والباقي للديمقراطيين، وجاءت أكبر مساهمة من شركة إنرون التي قدمت للحملات السياسية 2.4 مليون دولار، ودعمت بشدة سياسة التحرير deregulation قبل انهيارها. أما المساهم الأكبر الثاني فكان ساوذرن كومباني، وهي مؤسسة طاقة كبيرة، حيث قدمت 1.4 مليون دولار للحملات السياسية في هذه الدورة، فقد حاربت هذه الشركة لفترة طويلة فرض معايير متشددة للانبعاثات على محطات توليد الطاقة. وقدمت إكسون موبايل كوربوريشن أيضاً 1.4 مليون دولار، وهي تعارض فرض أي التزامات فيما يخص الوقود من مصادر متجددة، وتعارض أيضاً معاهدة كيوتو أو أي حدود على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون أو الغازات الأخرى المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري. من جهة أخرى وللمقارنة، نجد أن الشركات العاملة في قطاع الطاقات المتجددة ساهمت مجتمعة بنحو 800000 دولار للحملات السياسية في هذه الدورة.

قدم قطاع صناعة السيارات أكثر من 18 مليون دولار للحملات السياسية في الدورة الانتخابية عام 1999–2000، وهذا يشمل ما قدمه وكلاء السيارات والمصنعون. لقد ذهبت 80٪ من هذه الأموال إلى المرشحين الجمهوريين، بينما ذهب العشرون بالمئة المتبقية إلى الديمقراطيين. وتعارض الشركات المصنعة للسيارات تشديد معايير كفاءة الوقود في السيارات على السيارات الجديدة والشاحنات الخفيفة، ولم يتمكن الكونجرس والفرع التنفيذي من تحسين هذه المعايير التي عفا عليها الزمن. وفشلت المقترحات الخاصة بتحسين هذه المعايير مرة أخرى في مجلس الشيوخ في بداية عام 2002.

إن الانهيار المفاجئ لشركة إنرون وما نتج عنها يبين أن المساهمين في الحملات السياسية إنما يشترون في الواقع الوصول والنفوذ في العاصمة واشنطن، حيث كانت شركة إنرون ومديرها السابق كين لاي Ken Lay من أكبر الممولين الفرديين لسلالة بوش السياسية، وليس مستغرباً أن إنرون تمكنت من التأثير في خطة الطاقة لبوش–تشيني، إضافة إلى تأثيرها في التعيينات التي تمت من قبل الإدارة الأمريكية في المفوضية الفيدرالية لتنظيم الطاقة والوكالات الأخرى. لقد ساهمت إنرون أيضاً في تمويل الحملات الانتخابية لأعضاء بارزين في الكونجرس من الذين يدعمون تحرير الطاقة والأمن من القيود التشريعية، ومكنت إنرون من بناء قاعدتها وخططاتها التجارية الخادعة.

المصدر: Center for Responsive Politics 2001, Philips

الفصل السادس

البرازيل: السياسات والسيناريوهات

يعيش نحو 80٪ من سكان العالم (4.9 مليارات نسمة) في الدول النامية حسب معطيات عام 2001، ويقدر معدل النمو السكاني في هذه الدول بحوالي 1.5٪ سنوياً، مقابل 0.2٪ سنوياً في الدول الصناعية (UNFPA 2001). لكن استهلاك الفرد الواحد من الطاقة في الدول النامية أقل بكثير مما عليه الحال في الدول الصناعية، حيث تبلغ حصة الدول النامية من الطاقة العالمية حوالي 39٪، وهي تستهلك فقط 32٪ من أشكال الطاقة الحديثة على مستوى العالم (IEA 2000a).

وبالنظر إلى مستوى المعيشة المنخفض وتدني حصة الفرد من الطاقة في هذه الدول، وإذا أخذنا بالاعتبار وجود أكثر من مليار شخص في العالم لا يستخدمون إلا النزر اليسير من مصادر الطاقة الحديثة والبعض الآخر لا يستخدمونها نهائياً، فإن استخدام الطاقة في الدول النامية سيزداد بشكل كبير، وستغطى هذه الزيادة الكبيرة من النفط والفحم حسب سيناريو الطاقة المعتاد، وعلى مدى العقدين القادمين (IEA 2000a).

يستلزم التطور الاقتصادي والاجتماعي في الدول النامية زيادة استهلاكها من الطاقة. لكن اختيار مصادر الطاقة وتقنياتها، ومن ثم توزيع هذه المصادر والتقنيات على السكان تؤثر في ظروف الحياة في المستقبل في هذه الدول. وسيكون لهذه الخيارات تأثير كبير في قدرة العالم على الحد من ظاهرة ارتفاع درجة حرارة الأرض أو السماح لهذه الظاهرة بالتفاقم والخروج عن السيطرة.

تختلف الدول النامية فيما بينها اختلافاً كبيراً، سواء من حيث الحجم أو الظروف الاقتصادية أو كيفية استخدام الطاقة. وتعتمد الدول الفقيرة في آسيا وأفريقيا بشكل كبير

على مصادر الطاقة التقليدية، بينما تمكنت الدول النامية الأكثر ثراءً إلى حد كبير من تحقيق التحول من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية إلى استخدام مصادر الطاقة الحديثة.

يستكشف هذا الفصل الخيارات السياسية من أجل الوصول نحو مستقبل طاقي أنظف وأكثر استدامة في إحدى أكبر وأغنى الدول النامية وهي البرازيل، وسيتضح أنه يمكن للخيارات السياسية أن تلعب دوراً كبيراً في التأثير في التوجهات العامة للطاقة والتقدم الاجتماعي وجودة البيئة في الدول النامية.

تعد البرازيل خامس دولة في العالم من حيث عدد السكان، حيث بلغ عدد سكانها حوالي 172 مليوناً، وبلغ نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي 3300 دولار أمريكي عام 2000، وهذا يجعل البرازيل إحدى الدول النامية المتوسطة الدخل. وتعتبر البرازيل أيضاً من أكبر الدول في أمريكا اللاتينية من حيث السكان والمساحة والاقتصاد، ويعيش 80٪ من السكان في المدن، ويقطن 10٪ من السكان في منطقة العاصمة ساو باولو.

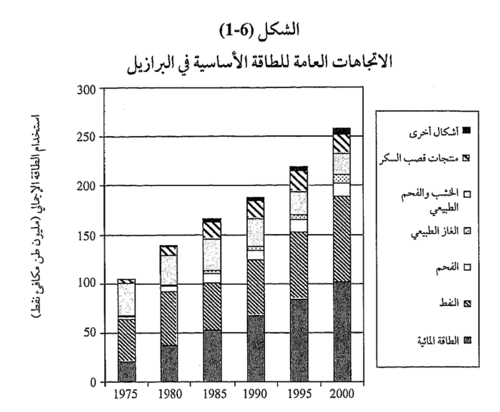
من السلبيات التي تعانيها البرازيل التفاوت الكبير في توزيع الدخل، ومعدلات الفقر العالية في بعض المناطق، حيث ينتشر الفقر بحدة في مناطق شمال غرب البلاد والمناطق الريفية حيث يعيش حوالي 50٪ من العائلات أو أكثر على 150 دولاراً شهرياً أو أقل من ذلك[1] (PNAD 1999).

لقد ازداد استخدام الطاقة بشكل كبير في البرازيل خلال الخمس والعشرين سنة الماضية، وهذا واضح في الشكل (6-1)، حيث ارتفع استخدام الطاقة الإجمالي بنسبة 250٪ خلال المدة 1975-2000، بينما زادت نسبة استخدام الطاقة منسوبة لعدد السكان بنسبة 60٪، وزادت أيضاً نسبة استخدام الطاقة إلى الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 22٪، وتعود الأسباب الرئيسة لهذا الارتفاع في استخدام الطاقة إلى جملة من العوامل منها: الانتقال السريع نحو التصنيع بما يشمل الصناعات التي ترتكز على الطاقة بشكل كبير، كصناعة الألمنيوم والفولاذ، وزيادة استخدام الطاقة في القطاعين السكني والتجاري (Tolmasquim et al. 1998).

يبين الشكل (6-1) تطور مختلف مصادر الطاقة خلال الخمس والعشرين سنة الماضية، ففي مجال الطاقة الكهرمائية بلغت السعة الإجمالية 60 جيجاواط عام 2000[2] بعد أن كانت 16 جيجاواط عام 1975، وتمكنت البرازيل عام 2000[3] أن تؤمّن 90٪ من حاجتها من الطاقة الكهربائية و39٪ من حاجتها الإجمالية من الطاقة من مصادر مائية. ويعتبر النفط ثاني مصدر للطاقة في البرازيل ويغطي 34٪ من استخدام الطاقة الإجمالية عام 2000.

الشكل (6-1)

الاتجاهات العامة للطاقة الأساسية في البرازيل



المصدر: MME 2000.

لقد كان لبعض البرامج مثل التحول نحو أشكال أخرى من الوقود وجهود ترشيد الطاقة، إضافة إلى برنامج الإيثانول، الفضل في الحد من نمو استخدام المشتقات النفطية خلال الخمس والعشرين سنة الماضية. ومن جهة أخرى يلعب الفحم والغاز الطبيعي دوراً ثانوياً في إمدادات الطاقة في البرازيل، برغم أن الغاز الطبيعي بدأ يتزايد استخدامه بشكل كبير في الوقت الراهن. وقد أمّنت مصادر الطاقة الحيوية، وتشمل الخشب والفحم

الخشبي ومنتجات قصب السكر (الإيثانول والتفل)، ما يعادل 16٪ من الطاقة المستهلكة عام 2000.

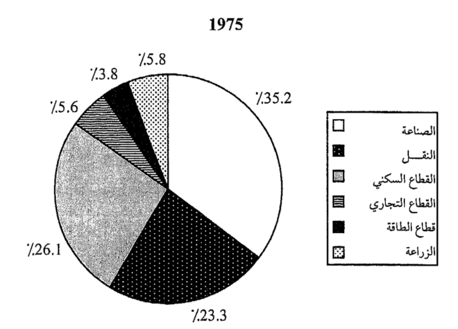
لقد انخفض استهلاك الأخشاب والفحم الخشبي بمعدل الثلث خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية، وتم التعويض عن ذلك بالتحول نحو منتجات قصب السكر كمصدر للطاقة، ونتيجة لذلك، ولاعتمادها الكبير على الطاقة الكهرمائية والطاقة الحيوية، فقد بلغت مساهمة الطاقة المتجددة حوالي 56٪ من إمدادات الطاقة الإجمالية عام 2000. وتعتبر هذه النسبة من الطاقة المتجددة نسبة عالية لبلد نامٍ متوسط الدخل مثل البرازيل. إضافة إلى ذلك لا تشكل الطاقة التي تستمد من الأخشاب أكثر من 5٪ من الطاقة الإجمالية، وتمثل حوالي 10٪ من الطاقة المتجددة الإجمالية عام 2000. وللمقارنة فإن نسبة وقود الأخشاب كانت تشكل 76٪ من الطاقة المستهلكة في البرازيل عام 1941 (Oliveira et al. 1998).

يوضح الشكل (6-2) استخدام الطاقة في القطاعات المختلفة في البرازيل عامي 1975 و2000، ويحتل القطاع الصناعي المرتبة الأولى، وكانت حصته ضمن الطاقة الإجمالية تزداد بشكل مستمر خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية، وازدادت حصة القطاع الصناعي وقطاع الطاقة، بينما انخفضت حصة قطاعي السكن والنقل.[4]

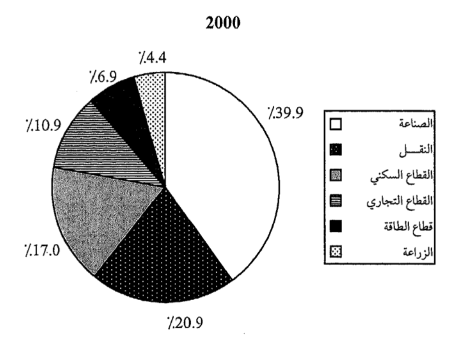
يعزى الانخفاض الكبير في استخدام الطاقة في القطاع المنزلي إلى التحول من الحطب إلى أشكال الوقود الحديثة الأكثر كفاءة. وكان الحطب يغطي 74٪ من حاجة القطاع السكني من الطاقة عام 1975، وانخفضت النسبة لتصل عام 2000 إلى 17٪. في نفس الوقت، ارتفع استخدام الكهرباء من 16٪ من إجمالي استخدام الطاقة في القطاع السكني عام 1975 إلى 64٪ عام 2000، وانتشر بشكل كبير أيضاً استخدام أسطوانات الغاز لطهو الطعام، وباتت تشكل 17٪ من مجمل استهلاك الطاقة في القطاع المنزلي (MME 2000).

الشكل (6-2)
استهلاك الطاقة النهائي حسب القطاعات

1975



2000



المصدر: MME 2000.

عمدت البرازيل عبر سياستها في مجال الطاقة خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية إلى تقليص اعتمادها على إمدادات النفط الخارجية، وتحفيز تطوير مصادر محلية للطاقة، حيث تبنت السياسات اللازمة لزيادة إنتاج النفط المحلي، والتوسع في إنتاج واستخدام الوقود الكحولي، وتوليد الطاقة النووية، وترشيد الطاقة. وتطرقنا إلى البرنامج البرازيلي الناجح في مجال إنتاج الوقود الكحولي وجهود ترشيد الطاقة الكهربائية في الفصل الرابع.

من جهة أخرى، طورت البرازيل تقنيات ناجحة جداً في مجال استخراج النفط محلياً من المياه العميقة. وقفز إنتاج النفط المحلي من 0.2 مليون برميل من النفط يومياً عام 1980 إلى حوالي 1.4 مليون برميل يومياً عام 2000–2001. لقد كان لهذه السياسات أثر إيجابي كبير على الميزان التجاري للبلاد، والأمن القومي، وقطاع صناعة السلع الإنتاجية، وسوق العمل.

ركزت سياسات الطاقة خلال عقد التسعينيات على تخصيص وإعادة هيكلة قطاع النفط والطاقة، وتم التركيز على تحفيز نمو واستخدام الغاز الطبيعي في البرازيل. غير أن هذه الجهود لم تحقق النتائج المأمولة، ووصلت عملية الخصخصة وإعادة الهيكلة إلى منتصف الطريق. لقد ترافقت هذه الاستراتيجية وآثاراً سلبية متعددة تمثلت في تباطؤ تدفق الاستثمارات في قطاع توليد الطاقة ونقلها في أواخر القرن الماضي، ونتج عن ذلك عجوزات كبيرة في الطاقة عام 2001 (Tolmasquim 2001). ومن الجدير بالذكر أن إمدادات الغاز الطبيعي في تزايد مستمر، لكن الطلب عليها لم يواكب مستوى العرض بسبب الكلفة العالية للغاز المستورد.

بشكل عام، قامت البرازيل بتطبيق بعض –وليس كل– السياسات الناجحة في مجال الطاقة خلال الخمسة والعشرين عاماً الماضية، وحالف بعضها النجاح، كزيادة مصادر الطاقة المتجددة الحديثة، وزيادة إنتاج النفط على الصعيد المحلي، ولم يصادف سياساتٍ أخرى إلا نجاح محدود، كسياسات تحسين كفاءة الطاقة، والتوسع في استخدام الغاز

الطبيعي. برغم ذلك هناك عديد من المبادرات السياسية يمكن أن تدفع البرازيل قدماً في النواحي الاجتماعية والاقتصادية، وتحقيق أهداف مهمة أخرى.

الأهداف

مما لا شك فيه أن هناك بعض القواسم المشتركة في مجال سياسات الطاقة بين دولة نامية كالبرازيل من جهة، والولايات المتحدة الأمريكية والدول الصناعية من جهة أخرى. وتتمثل هذه القواسم في: تنويع مصادر الطاقة، وتخفيف اعتمادها على الخارج، وزيادة الكفاءة وتقليل الهدر. ولكن من جهة أخرى فإن للبرازيل والدول النامية الأخرى خصوصية معينة، وأهدافاً وأولويات مختلفة، مثل تأمين مصادر كافية من الطاقة، وتفادي العجوزات، وتقليص الاستثمارات اللازمة لتأمين خدمات الطاقة، وتحفيز التطور الاجتماعي. وفيما يلي مراجعة أهداف سياسات الطاقة في البرازيل بشكل موجز.

تنويع مصادر الطاقة

يسيطر على إمدادات الطاقة في البرازيل مصدران أساسيان: النفط والطاقة الكهرمائية. ومما لا شك فيه أن الاعتماد الكبير على النفط يجعل البرازيل عرضة للصدمات والارتفاعات المفاجئة لأسعار النفط، لأن الأسعار المحلية للنفط تعكس الأسعار الرائجة في الأسواق العالمية. ومن جهة أخرى فإن اعتماد البرازيل على المصادر الكهرمائية يعرض هذا البلد لعجوزات في الطاقة خلال مواسم الجفاف. وكما ذكر سابقاً، عانت البرازيل من عجز في الطاقة عام 2001 بسبب عدم توافر الاستثمارات الكافية في مجال توليد الطاقة، ونقلها خلال السنوات الأخيرة، وبسبب موسم الجفاف الذي أثر سلبياً في إنتاج محطات توليد الطاقة الكهرمائية، وطُلب من المستهلكين في معظم أرجاء البلاد تخفيض استهلاكهم من الطاقة بمقدار 20٪، وفرضت غرامات كبيرة على المخالفين، وإمكانية قطع التيار الكهربائي بشكل مؤقت عنهم.

لقد أدى هذا العجز في الطاقة إلى تأثيرات سلبية في النمو الاقتصادي ومشكلات اجتماعية أخرى، مثل تخفيض مستوى خدمات الطاقة المقدمة، وأخرى تتعلق بالأمن العام. إن تنويع مصادر الطاقة سيؤدي إلى تقليص مخاطر حدوث عجوزات في الطاقة وتجنب صدمات أسعار النفط المحتملة في المستقبل.

تخفيض الاستثمارات في قطاع الطاقة

بلغت الاستثمارات في قطاع الطاقة في البرازيل نحو 9٪ من الاستثمار الرأسمالي الإجمالي خلال تسعينيات القرن الماضي. ويقدم جزء كبير من هذه الاستثمارات إلى قطاع الإمداد بالطاقة، إما من القطاع الخاص أو من المؤسسات الربحية المملوكة من القطاع العام أو المشترك، مثل شركة النفط الوطنية. لكن هناك أيضاً بعض الاستثمارات التي مازالت تتدفق من القطاع العام. من جهة أخرى فإن الاستثمارات في مجال إمدادات الطاقة تتطلب مبالغ ضخمة تؤدي إلى توجيه الموارد بعيداً عن الحاجات الأساسية، كالخدمات الصحية، والتعليم، والإسكان. ومن الطبيعي أن ينعكس تخفيض الاستثمارات في قطاع الطاقة أثناء تلبية الحاجات المستقبلية من الطاقة بشكل إيجابي على النواحي الاقتصادية والاجتماعية في البرازيل.

خفض الاعتماد على استيراد الطاقة من الخارج

ارتفعت المستوردات النفطية الصافية للبرازيل من 27 مليون طن متري مكافئ نفط عام 1951 لتصل عام 2000 إلى 51 مليون طن متري مكافئ نفط، برغم تزايد الإنتاج المحلي للنفط بشكل كبير (MME 2000). ويشكل النفط والمشتقات النفطية القسم الرئيسي من الطاقة المستوردة. ومن ناحية أخرى فإن استيراد الكهرباء والغاز الطبيعي في ازدياد مستمر. وتمتص مستوردات البرازيل من الطاقة العملات الصعبة، وتؤثر سلبياً في الميزان التجاري للبرازيل، وبلغ متوسط العجز في الميزان التجاري حوالي 5 مليارات دولار سنوياً خلال أعوام 1997–1999. حيث يكلف متوسط الواردات النفطية ومشتقاتها 4.4

مليارات دولار سنوياً (MME 2000). ومن الواضح أن زيادة إمدادات الطاقة محلياً ستؤدي إلى مكاسب اقتصادية واجتماعية.

تحسين كفاءة الطاقة

لقد تمكنت البرازيل من تحقيق بعض النجاح في مجال تحسين كفاءة الطاقة الكهربائية، كما ذكر في الفصل الرابع. لكن مايزال هناك هدر للطاقة الكهربائية في قطاعات الصناعة والأعمال وفي المنازل أيضاً، ويعود السبب في ذلك إلى عدم كفاءة العمليات الصناعية والأجهزة والآليات والمباني. في البرازيل -على سبيل المثال- لا تتمتع المحركات المستخدمة بالكفاءة اللازمة حسب المواصفات العالمية، كما أنها في كثير من الحالات ذات سعات أكبر من اللازم وتعمل بشكل سيئ (Geller et al. 1998).

يؤدي استخدام الأجهزة ذات الكفاءة العالية في القطاع السكني إلى وفورات في الطاقة الكهربائية تصل إلى 30٪ (Almeida, Schaeffer, and la Rover 2001). وتشكل الطاقة الكهربائية الناتجة عن أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة، والتي تعتبر من التقنيات الفعالة في توليد الكهرباء والطاقة الحرارية المفيدة حوالي 4٪ من مجمل الطاقة الكهربائية في البرازيل عام 2000. وهي أقل بكثير من الحدود الممكنة والفعالة من حيث الكلفة لاستخدام أنظمة هذه الأنظمة (Schaffer and Szklo 2001). وستفضي زيادة كفاءة الطاقة في البرازيل إلى وفورات مالية كبيرة لكل من المستهلكين وقطاع الأعمال، كما ستؤدي إلى تجنيب البرازيل عجوزات جديدة في الطاقة في المستقبل.

تنمية ونشر مصادر الطاقة المتجددة

تتميز البرازيل بغناها بمصادر الطاقة المتجددة، كطاقة الرياح، والطاقة الشمسية، ومصادر الطاقة الحيوية (Winrock International 1999). ومع أن نسبة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة عالية جداً، فإنها تنخفض حالياً بسبب زيادة إنتاج النفط والغاز الطبيعي وتزايد استخدامهما. إن التوسع في استخدام الطاقة المتجددة سيؤدي إلى تنويع مصادر

إمدادات الطاقة، وتحفيز الصناعات الجديدة، وخلق فرص عمل، وتنمية اقتصادية واجتماعية للمناطق الريفية.

التخفيف من الانعكاسات السلبية على البيئة

تشير الدراسات إلى أن التلوث الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري، ولاسيما المستخدَم في قطاع النقل، يتسبب في مقتل الآلاف من البرازيليين كل عام (Azuaga 2000). وتتسبب تنمية المشاريع الكهرمائية في غمر الغابات والأراضي الزراعية، ونزوح السكان. أما بالنسبة للطاقة النووية فهناك مشكلة النفايات الناتجة عنها، إضافة إلى أن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون تتصاعد بشكل مستمر، متسببةً في ارتفاع درجة حرارة الأرض، وبالتالي فإن تخفيض الانبعاثات المرتبطة بعمليات إمداد واستخدام الطاقة سيؤدي إلى تحسين نوعية الهواء، وسينعكس إيجابياً على الصحة العامة، بالإضافة إلى فوائد بيئية أخرى.

المساهمة في التطور الاجتماعي

بلغ عدد العائلات التي لا تستخدم الطاقة الكهربائية في البرازيل عام 1999 نحو 2.2 مليون عائلة (وهذا يعادل حوالي 5٪ من مجمل العائلات البرازيلية) (PNAD 1999). ومازالت بعض العائلات الفقيرة التي لا يتجاوز دخلها الشهري 150 دولاراً تعتمد على الأخشاب مصدراً أساسياً للطاقة (Oliveira et al. 1998). إن التوسع في خدمات الطاقة الكهربائية الحديثة ليشمل كل العائلات سيؤدي إلى تقليص الفوارق الاجتماعية بين الأقاليم، وخلق فرص العمل في المناطق الأقل نمواً، ومنع تدمير الغابات بحثاً عن الوقود.

يصطدم تحقيق الأهداف السابقة بمجموعة من العقبات، منها عدم توافر البنية التحتية اللازمة لتوفير وإيصال إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، والكلفة العالية لبعض تقنيات الطاقة الأحدث، ونقص الوعي، وعدم توافر رأس المال أو التمويل

المناسب، وعقبات تنظيمية. إضافة إلى هذه العقبات العامة التي تطرق إليها الفصل الثاني، عانت البرازيل لعقود عديدة عدم استقرار اقتصادي، ونسبة تضخم مرتفعة، حيث ساهمت هذه الظروف في تثبيط شديد للدراسات التي تكون على أساس فترة حياة المنتج والاستثمارات الطويلة المدى، وهذا ما أدى إلى انتشار ما تمكن تسميته ثقافة الكلفة الأولية المنخفضة (Geller et al. 1998).

السياسات المقترحة

تحتاج البرازيل إلى مجموعة من مبادرات السياسة للتغلب على هذه العقبات الشديدة، ويمكن في هذا السياق استخدام سياسة العصا والجزرة لتوجيه القطاع الخاص نحو تحقيق أهداف البرازيل في مجال تلبية حاجتها من الطاقة على المدى الطويل، بحيث يكون تخفيض الهدر إلى الحدود الدنيا، وتأمين المكاسب على الصعيدين الاقتصادي والاجتماعي. وجرى اقتراح السياسات الوطنية الاثنتي عشرة التالية في مجال الطاقة، ضمن إطار سيناريو الطاقة النظيفة في البرازيل، وستجرى بعد تقديم هذه السياسات مقارنة سيناريو الطاقة النظيفة مع السيناريو الأساسي الذي يفترض استمرار السياسات والنزعات الحالية.

يتطرق التحليل أيضاً إلى إمدادات الطاقة واستخدامها وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في البرازيل حتى عام 2010، مع الأخذ بالاعتبار تطبيق السياسات الاثنتي عشرة بوصفها حزمة واحدة.[6] وبرغم أن هذا التحليل ليس مكثفاً كذلك الذي أجري في حالة الولايات المتحدة الأمريكية، فإنه يشير إلى كيفية مساهمة سياسات الطاقة في تحقيق الأهداف المذكورة أعلاه.

السياسة الأولى: اعتماد حد أدنى لمعايير كفاءة الطاقة في الأجهزة الكهربائية والمحركات وأجهزة الإنارة

يمكن تطبيق حدود دنيا لمعايير كفاءة الطاقة على جميع التجهيزات الكهربائية المنزلية الرئيسية (البرادات، المجمِّدات، الغسالات، المكيفات)، وأجهزة الإنارة (المصابيح

ومحولات مصابيح الفلوريسنت)، والمحركات المبيعة في البرازيل بعد تاريخ معين. وسيتحول البرازيليون نحو شراء الأجهزة ذات الكفاءة العالية نسبياً، بشكل تلقائي ومن دون الحاجة لتثقيفهم أو إقناعهم بذلك. وبسبب توفير الأجهزة ذات الكفاءة العالية في السوق بشكل طبيعي وإنتاجها بالجملة، فإن الكلفة الإضافية المترتبة على زيادة كفاءة الطاقة ستنخفض.

قام البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء، بالتعاون مع الوكالة الوطنية للمعايير والاختبارات، بتأسيس إجراءات اختبار كفاءة الطاقة، وبرنامج لصاقات بيان كفاءة الطاقة. ويقوم البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء بالاعتراف بالأجهزة الأكفأ ومكافأتها، وهذا سيؤدي إلى تسهيل اعتماد حد أدنى لكفاءة الطاقة. وتبنى الكونجرس البرازيلي في أيلول/ سبتمبر 2001 تشريعاً يخوّل الحكومة الفيدرالية ويوجهها لوضع معايير إلزامية للحدود الدنيا لكفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية، والمحركات، وأنظمة الإنارة. وإذا قُيّض لهذا القانون أن يدخل مرحلة التنفيذ العملي بشكل عاجل، فإن معايير كفاءة الطاقة ستأخذ طريقها إلى التنفيذ بسرعة.

من المنطقي الافتراض أن معايير كفاءة الطاقة البرازيلية تشابه نظيرتها في أمريكا الشمالية، وستؤمن هذه المعايير وفورات في الطاقة تراوح بين 20 و30٪ في المتوسط بالنسبة للبرادات والمجمّدات والمكيفات وأجهزة الإنارة (COPPE 1999, Geller et al. 1998). أما بالنسبة للوفر الذي ستحققه معايير كفاءة الطاقة في المحركات فسيراوح بين 2 و8٪، وذلك حسب سعة المحرك.

السياسة الثانية: زيادة استثمارات مؤسسات الطاقة في تحسين كفاءة الطاقة عند المستخدم النهائي

طلبت الوكالة التنظيمية الفيدرالية لقطاع الكهرباء من مؤسسات توزيع الطاقة الكهربائية في البرازيل، اعتباراً من عام 1998، استثمار 1٪ من عوائدها على الأقل في برامج تقنيات تحسين كفاءة الطاقة، لكن يجب أن يصرف ربع هذه النسبة على الجهود التي تساعد

المستهلك على استخدام الطاقة الكهربائية بفاعلية أكبر. وبحلول عام 2000 تغيرت المتطلبات، وخُصص نصف هذه النسبة لتمويل البحث والتطوير مع الإبقاء على الحد الأدنى المخصص لبرامج تقنيات تحسين كفاءة الطاقة الموجهة نحو المستهلك (Jannuzzi 2001). ونتيجة لأزمة الطاقة التي عصفت بالبرازيل عام 2001 أنفقت مؤسسات الطاقة حوالي 80 مليون دولار، أي ما يعادل 50٪ من عوائدها المكرسة لبرامج تحسين كفاءة الطاقة عند المستهلك (Villaverde 2001).

وستؤدي هذه السياسة إلى زيادة التمويل الموجه لبرامج تحسين كفاءة الطاقة في البرازيل لتصل إلى 2٪ من عوائد مؤسسات الطاقة، وستنفذ من خلال تعهد معدَّل من الوكالة التنظيمية الفيدرالية. سينفق جزء من هذا المال من قبل مؤسسات الطاقة، أما الجزء الآخر فيوجه على المستوى الفيدرالي وعلى مستوى الولايات. وسيستخدم هذا التمويل في تحفيز الاستثمارات في مجال تحسين كفاءة الطاقة، ابتداءً من العائلات وقطاع الأعمال وقطاع الصناعة، وتقديم التمويل اللازم لشركات خدمات الطاقة، ومدّ يد العون لبناء سوق للتقنيات الإبداعية الجديدة في مجال تحسين كفاءة الطاقة، ونشر الوعي وتقديم التدريب اللازم...الخ، ويمكن للتمويل أن يتصاعد من المستوى الحالي خلال سنتين.

من المهم إذا ما طبقت هذه السياسات أن يسمح لمؤسسات الطاقة باستعادة كلفة برامج تحسين كفاءة الطاقة من خلال تعرفة الطاقة، ويجب منح مؤسسات الطاقة الحافز المادي لتشغيل برامج فعالة لتحقيق فوائد كبيرة للمستهلك ولقطاع الأعمال. يمكن على سبيل المثال منح مؤسسات الطاقة مكافأة تعادل ما بين 10 و20٪ من المكاسب الاجتماعية الصافية التي تحققها برامجها في مجال تحسين كفاءة الطاقة، وذلك مع جهة مستقلة ثالثة مثل الوكالة التنظيمية الفيدرالية، بحيث تقوَّم هذه الفوائد لكل مؤسسة على حدة، ويمكن تحصيل هذه المكافأة من خلال فرض رسم إضافي بسيط على فواتير الطاقة التي يدفعها المستهلكون. ويمكن للبرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء أن يعمل أيضاً جنباً إلى جنب مع مؤسسات الطاقة في وضع برامج فعالة، وتنفيذ مبادرات متناسقة لإجراء تغييرات هيكلية بالسوق، سواء على المستوى الإقليمي أو القومي (Geller 2000).

ولا يمكن اعتبار هذه السياسة نسخة مماثلة للسياسة المقترحة والمتعلقة بالمعايير الدنيا لكفاءة الطاقة؛ حيث لا يمكن وضع بعض التقنيات موضع التنفيذ (مثل التحسينات على أنظمة المحركات، والتصميم الأمثل لأنظمة الإنارة، والتقنيات البديلة لتسخين المياه عن طريق المقاومة الكهربائية، وتحسين أداء أنظمة التكييف في الأبنية التجارية) عبر فرض معايير دنيا لكفاءة الطاقة، بسبب أن جدواها الاقتصادية تعتمد على نوع التطبيق. وتهدف برامج تحسين كفاءة الطاقة الممولة من قبل مؤسسات الطاقة إلى ترويج هذه الأنظمة الإجرائية التوجه.

السياسة الثالثة: اعتماد كود طاقة للأبنية التجارية الجديدة

لم تقم أي مدينة أو ولاية في البرازيل باعتماد متطلبات خاصة بالطاقة لأبنيتها التجارية الجديدة، ويمكن لهذه السياسة أن تجمع مجموعة من الخبراء لتأسيس وإصدار نموذج لكود طاقة وطني يغطي مختلف الظروف المناخية في البرازيل، ويمكن للحكومة الفيدرالية بعد ذلك أن تلزم كافة البلديات فوق حجم معين (مثلاً أكثر من مئة ألف نسمة) بتطبيق كود الطاقة خلال فترة محددة. وما لا شك فيه أن هذه السياسة فعالة، وهذا ما حدث في عديد من الدول الغربية.

لقد بينت تجارب الدول الأخرى أن للتدريب دوراً محورياً في نجاح كود الطاقة للمباني، وبخاصة عندما يوجه للمعنيين، مثل المعماريين والمهندسين والعاملين في قطاع البناء، وكذلك بالنسبة لتنظيم عمليات المراقبة والتطبيق. لذلك فإن الجانب المهم من هذه السياسة هو تدريب العاملين في قطاع البناء والمعماريين والمسؤولين عن تفتيش الأبنية، وعن حسن تطبيق كود الطاقة للمباني في البلديات. ويمكن للبرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء أن يتصدى لهذه المهمة من خلال تأمين المدربين من الجامعات والمعاهد التقنية.

ازداد متوسط الطلب على الطاقة في القطاع التجاري في البرازيل بمعدل 8٪ سنوياً خلال الفترة 1995–2000 (MME 2000). ويتوقع أن ينمو الطلب على الطاقة الكهربائية في المستقبل في القطاع التجاري بمعدل 6٪ سنوياً، وذلك إذا لم يوضع كود الطاقة موضع

التنفيذ، وإذا لم تتبنَّ السياسات الأخرى التي تحدّ من هدر الطاقة الكهربائية (Eletrobrás.2000)، ويفترض أن هذه السياسات ستكبح نمو الطلب على الطاقة الكهربائية بما يراوح بين 10 و15٪ في المستقبل في الأبنية التجارية العامة والخاصة (Lamberts 2001).

السياسة الرابعة: التوسع في استخدام أنظمة توليد الحرارة والكهرباء المعتمدة على الغاز الطبيعي

هناك إمكانية كبيرة لاستخدام أنظمة التوليد المشترك باستخدام الدارة المركبة للحصول على الحرارة والطاقة في القطاع الصناعي في البرازيل. إضافة إلى ذلك هناك إمكانية لاستخدام هذه الأنظمة في المكاتب والمشافي ومراكز التسوق والأبنية التجارية الأخرى، وتقدر السعة الكهربائية الممكن توليدها من أنظمة التوليد المشترك وتتمتع بالفاعلية الكلفية بحوالي 9–17 جيجاواط (Eletrobrás 1999).[7]

غير أن السعة الكلية لأنظمة التوليد العاملة باستخدام الدارة المركبة في البرازيل لم تتجاوز 3 جيجاواط عام 2000. ويأتي معظم هذه السعة من نفايات المواد والغازات الناتجة عن صناعات الورق والصلب والإيثانول. ومن العقبات الكأداء التي تقف في وجه استخدام أنظمة الدارة المركبة في البرازيل: 1) انخفاض أسعار الطاقة الكهربائية نسبياً التي تتحملها الصناعات الكبيرة، 2) عدم تأمين توزيع الطاقة الكهربائية المولدة من جهات خارج مؤسسات الطاقة من خلال ربط هذه المؤسسات بالشبكة، (3) عدم رغبة مؤسسات الطاقة في إبرام عقود طويلة الأجل لشراء الطاقة الكهربائية وبأسعار معقولة، (4) عدم تنمية مصادر الغاز الطبيعي ومحدودية توافره (Soares, Szklo, and Tolmasquim 2001).

وقد فتحت الزيادة التي تمت مؤخراً في إمدادات الغاز الطبيعي آفاقاً جديدة لأنظمة الدارة المركبة، فازدادت إمدادات الغاز الطبيعي في البرازيل أواخر عقد التسعينيات الماضي بشكل كبير، ويعود السبب الرئيس في ذلك إلى بناء خط أنابيب نقل الغاز الطبيعي بين

بوليفيا والبرازيل، حيث وصلت هذه الإمدادات عام 1999 إلى 32 مليون متر مكعب يومياً، إضافة إلى ذلك منحت التراخيص اللازمة لاستيراد 69 مليون متر مكعب من الغاز الطبيعي من الأرجنتين وبوليفيا. وبالنظر إلى الكفاءة العالية التي تتميز بها أنظمة التوليد المشترك باستخدام الدارة المركبة للحصول على الحرارة والطاقة، يمكن تبني السياسات التالية لتحييد العقبات التي تعترض استخدام هذه الأنظمة العاملة على الغاز الطبيعي:

1. إلزام مؤسسات الطاقة بشراء فائض الطاقة من أنظمة الدارة المركبة بأسعار تتناسب وما تم توفيره من خلال عقود طويلة الأجل، بشرط أن تتوافق ومعايير موثوقة معينة.
2. إلزام مؤسسات الطاقة بتسهيل ربط أنظمة الدارة المركبة بالشبكة الكهربائية من دون تأخير أو فرض متطلبات تعجيزية، إضافة إلى تأمين الطاقة الاحتياطية لمالكي هذه الأنظمة بشروط ميسرة.
3. منح مشاريع الدارة المركبة الأولوية حالما تصبح إمدادات الغاز متوافرة، وتخصيصها للمستهلكين التجاريين والصناعيين.
4. منح أنظمة الدارة المركبة التي تحقق بعض الشروط الخاصة، مثل الكفاءة الإجمالية المرتفعة والانبعاثات المنخفضة، حوافز مالية، مثل القروض الطويلة الأجل بفوائد منخفضة من البنك الوطني للتنمية.
5. تخفيض الرسوم الجمركية على مكونات أنظمة الدارة المركبة مثل التربينات الغازية، وتشجيع إنتاجها محلياً.

تم بشكل تقريبي تخصيص 10٪ من إمدادات الغاز الطبيعي الجديدة المتوافرة لمشاريع أنظمة التوليد المشترك باستخدام الدارة المركبة عام 2001، حيث تعتبر هذه الخطوة انطلاقة جيدة. لكن يجب عدم تجاهل السياسات الأخرى المقترحة هنا، وبالتالي سيكون من المنطقي الافتراض أنه ستضاف سعة جديدة تقدر بنحو 6 جيجاواط (Schaeffer and Szklo 2001). ولتحليل هذه السياسة تم الافتراض أن المردود الكهربائي في أنظمة

التوليد ذات الدارة المركبة يبلغ 35٪، بينما يبلغ المردود الإجمالي الكهربائي للطاقة الحرارية المفيدة 75٪ ويبلغ متوسط عامل السعة 70٪.

السياسة الخامسة: اعتماد حد أدنى لمعايير كفاءة محطات توليد الطاقة الحرارية الجديدة

حاولت البرازيل جهدها خلال فترة معينة أن تزيد من إمداداتها من الطاقة الكهربائية من محطات الطاقة الحرارية، لكنها كانت تعاني نقصاً في احتياطيات الفحم ذات الجودة العالية، وتباطؤ نمو إمدادات الغاز الطبيعي. لكن مع التحسن الكبير الذي طرأ على إمدادات الغاز الطبيعي في الآونة الأخيرة تزايد الاهتمام ببناء محطات توليد الطاقة العاملة على الغاز الطبيعي. واقترح عديد من المشاريع، سواء من قبل مؤسسات الطاقة أو من قبل القطاع الخاص في السنوات الأخيرة، لكن هذه العملية تسير ببطء بسبب عدم وجود رؤية واضحة للتشريعات المتعلقة بها. ونتج عن ذلك أزمة عصفت بالبرازيل عام 2001 أعادت إلى السطح مرة أخرى ضرورة وضع الحلول المناسبة لهذه العقبات.

إن معظم محطات التوليد العاملة على الغاز الطبيعي المقترحة أو التي قيد الإنشاء تعمل وفق الدارة البسيطة، وتراوح كفاءتها بين 30 و35٪ بالمقارنة مع نظيرتها ذات الدارة المركبة الحديثة حيث تصل كفاءتها إلى ما بين 50 و60٪. ويفضل المستثمرون من القطاع الخاص الدارة البسيطة لعدة أسباب: انخفاض الكلفة الاستثمارية، ومدة أقل لبنائها، ومرونة أكبر في التجاوب مع تغيرات الحمل، ويمكن في المستقبل أن يتم تحويلها وتشغيلها وفق الدارة المركبة.

يمكن تبني حد أدنى لكفاءة الطاقة لجميع محطات توليد الطاقة العاملة على الغاز، والتي تدخل التشغيل الفعلي في البرازيل، وأيضاً إلزام محطات التوليد العاملة بالتربينات الغازية ذات الدارة البسيطة بتركيب تربينات بخارية تشغَّل حسب نظام الدارة المركبة، إذا كانت تستخدم لمدة محددة. بموجب هذه السياسة تُلزم محطات توليد الطاقة الغازية التي تعمل لأكثر من 500 ساعة سنوياً بتحقيق حد أدنى من الكفاءة يساوي 55٪. وسيؤدي

هذا الشرط إلى تضييق الفجوة في كلفة رأس المال بين المحطات العادية التي تولد الكهرباء وتلك العاملة على الدارة المركبة، وهذا يؤدي إلى تحفيز الاستثمارات في أنظمة الدارة المركبة.

السياسة السادسة: تبني أهداف لتخفيض كثافة الطاقة في الصناعة

هناك إمكانية كبيرة في البرازيل لتحسين كفاءة الطاقة في القطاع الصناعي من خلال تحسين عمليات التشغيل والسياسات الإدارية واستخدام معدات أفضل، كالمحركات ذات الكفاءة العالية، وأنظمة التحكم بسرعة المحركات، وتبني تقنيات مبتكرة للعمليات الصناعية. وبينت إحدى الدراسات أن هناك جدوى اقتصادية لتخفيض استهلاك الطاقة بنسبة تزيد على 30٪ في جملة واسعة من الصناعات التي تعتمد بشكل كبير على الطاقة (COPPE 1998). وتتطلب هذه السياسة وضع أهداف لتخفيض كثافة الطاقة للصناعات الرئيسية في البرازيل، من خلال إبرام اتفاقيات طوعية بين الحكومة والقطاع الصناعي، وتحليل هذه الأهداف والتفاوض بشأنها مع قطاعات صناعية محددة.

لتسهيل عملية التوافق ومساعدة الشركات لتحقيق هذه الأهداف يمكن للحكومة والبرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء تقديم العون المادي والتقني، مثل التدقيق الطاقي للمنشآت الصناعية، وتقديم التدريب والحوافز الضريبية للاستثمارات في التجهيزات الصناعية الأكثر تطوراً وذات الكفاءة العالية في استخدام الطاقة، على أن توفَّر حماية للشركات والقطاعات التي تلتزم بتحقيق تحسن في كفاءة الطاقة مقداره 2٪ سنوياً، وتستمر على هذا النهج من أي زيادة على ضرائب الوقود. ويمكن أن تعطى أيضاً الأولوية في الوصول إلى إمدادات الطاقة في حال عودة عجوزات الطاقة الكهربائية. وتشبه هذه السياسة تلك التي اتبعت في هولندا، وما رافق ذلك من اتفاقيات طوعية تكللت بالنجاح (انظر الحالة الدراسية في الفصل الرابع، والمقترحات المتضمنة في التوصيات السياسية للولايات المتحدة).

ويفترض أن تؤدي هذه السياسة إلى تخفيض إجمالي في استخدام الطاقة يعادل 12٪ في القطاع الصناعي بحلول عام 2010، ويقدر أن 80٪ من هـذا الـوفر سـينتج عـن خفـض استهلاك الوقود، أما الباقي فسينتج عن تحسين كفاءة الطاقة الكهربائيـة (Henrique and Scheffer 1995).

السياسة السابعة: تبني حد أدنى لمعايير كفاءة استهلاك الوقـود أو لانبعاثـات ثـاني أكـسيد الكربون لسيارات الركاب الجديدة

ليس في البرازيل معايير لكفاءة الوقود للـسيارات الجديـدة أو للـشاحنات الخفيفـة، ويتلقى صانعو السيارات بعـض الحـوافز الـضريبية لإنتـاج الـسيارات الـصغيرة التـي لا تتجاوز سعة أسطوانات محركاتها لتراً واحداً، ونتيجة لذلك تشكل الـسيارات المبيعـة مـن هذا النوع في البرازيل نحو 60–70٪ من مجمل السيارات الجديدة المبيعة، ومع ذلك يبقـى المعدل المتوسط لكفاءة الوقود في السيارات منخفضاً نسبياً، إذ بلغ نحو 23.5 ميلاً/ جالون أو 10 كم/ لتر، في مجمل السيارات العاملة على الطرقات خلال عام 1998، بينما بلـغ هـذا المعدل لمجمل السيارات المبيعة في البرازيل في العام ذاته 26 ميلاً/ جـالون أو 11 كـم/ لـتر (Azuaga 2000).

تتصف السيارات المبيعة في البرازيل بأنها لا تتمتـع بالكفـاءة اللازمـة نـسبياً، بـسبب استخدام تقنيات قديمة في محركاتها ذات سعة لـتر واحـد، ومعظـم هـذه المحركـات كـان الحصول عليها بإجراء تعديلات على المحركات بـسعة 1.6 لـتر التـي كانـت تـستخدم في الطرُز القديمة. لكن إنتاج هذه السيارات من قبل الشركات المتعددة الجنسيات في تـصاعد مستمر، ومن الطبيعي الإصرار على تجهيز هذه السيارات بتقنيات تحسين كفاءة الوقود.

تدعو هذه السياسة البرازيل إلى تبني معايير لكفـاءة الوقـود في الـسيارات، ويمكـن التعبير عن هذه السياسة بتحسين كفاءة الوقود (وهو النهج المتبع في الولايات المتحـدة) أو عبر خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون لكل كيلـومتر (كـما هـي الحـال في أوربـا). ويتميز النهج الأخير –فيما لو طبِّق في البرازيل– بإمكانية تحول صانعي السيارات إلى رفـع

المعدل المتوسط لكفاءة الوقود، أو إنتاج وتسويق السيارات العاملة على الإيثانول (أو أي وقود نظيف آخر). وإذا طبِّقت معايير انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، فسيلجأ صانعو السيارات على الأغلب إلى مزيج من السياسات، تشمل تحسين كفاءة الوقود، والتحول نحو أشكال أخرى من الوقود.

تتطلب هذه السياسة أيضاً إجراء تخفيض مقداره 40٪ على متوسط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل كيلومتر تقطعه سيارات الركوب الجديدة المبيعة في البرازيل عام 2010، مقارنة بالمعدل المتوسط للانبعاثات عام 2000. ويمكن تطبيق هذه المعايير على المعدل المتوسط للانبعاثات لكل شحنة محلية ولكل مُصنِّع. ويفترض أن تحقق هذه السياسة تخفيضاً مقداره 5٪ سنوياً على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بالنسبة لكل كيلومتر اعتباراً من عام 2003.

إضافة إلى ذلك يفترض أن ثلاثة أرباع هذا التخفيض تحقق بإجراء تحسينات على كفاءة الطاقة، أما النسبة المتبقية فسوف تحقق بزيادة مبيعات السيارات العاملة على الإيثانول. وستؤدي هذه السياسة إلى تحقيق معدل متوسط لكفاءة الوقود يصل إلى 16 كم لكل لتر عام 2010.

السياسة الثامنة: التوسع في إنتاج واستخدام وقود الإيثانول

يواجه برنامج وقود الإيثانول في البرازيل تحديات كبيرة، ولاسيما مع تقاعد أسطول السيارات العاملة على الإيثانول الصافي التي صُنعت في ثمانينيات القرن الماضي. وكان مزيج الإيثانول عام 1999 يتشكل من 54٪ من الإيثانول المحتوي على الماء الذي يمزج مع البنزين (MME 1999). وسيشهد الطلب على الإيثانول في العقد الحالي تراجعاً ما لم تتخذ الإجراءات المناسبة، مثل تشجيع شراء السيارات الجديدة العاملة على الإيثانول، والتوسع في منافذ التزود بالإيثانول ومشتقات قصب السكر الأخرى.

تشمل هذه السياسة مجموعة من الإجراءات لزيادة عرض وقود الإيثانول، والطلب عليه خلال السنوات العشر القادمة، إذ يجب في البداية تقديم قروض بفوائد منخفضة

لتحفيز بناء منشآت جديدة لتقطير قصب السكر والتوسع في المنشآت الحالية. ثانياً، يمكن للحكومة البرازيلية أن تنشئ ما يسمى "الاحتياطي الاستراتيجي للإيثانول" بسعة تراوح بين 5 و10 مليارات لتر، حيث يمكن استخدامه في حالات الضرورة في حال اختلال ميزان العرض والطلب.

لقد عانى البرنامج الوطني للإيثانول نكسة حينما طفت على السطح العجوزات وتجاوز الطلب العرض. ويمكن تمويل عملية إنشاء هذا الاحتياطي بفرض ضريبة صغيرة على البنزين مقدارها 0.005 دولار على كل لتر، حيث يمكن من خلال ريع هذه الضريبة شراء مليار لتر من الإيثانول سنوياً لإنشاء الاحتياطي. ثالثاً، بغية تحفيز شراء السيارات العاملة على الإيثانول الصافي يمكن تقديم حوافز ضريبية أو أسعار تشجيعية. رابعاً، يمكن في هذا المجال مزج الإيثانول بوقود الديزل، حيث أظهرت الاختبارات أن مزج ما نسبته 3٪ من الإيثانول بوقود الديزل يمكن استخدامه من دون أي مشكلات في المحرك، لكن سيؤدي ذلك إلى خفض كبير في الانبعاثات الجزيئية (Moreira 2000). وبالإمكان زيادة نسبة الإيثانول في المزيج حتى 12٪ مع استخدام بعض المواد المضافة على المزيج لتحسين مواصفاته، وهذا ما اتبع في السويد (Moreira 2000).

بالنسبة إلى البرازيل، هناك مجموعة من الأهداف الواقعية في هذا المجال منها:

1. أن يشكل الإيثانول ما نسبته 24٪ من مزيج الإيثانول والبنزين.
2. يتم شراء 6.5 مليارات لتر من الإيثانول لرفد الاحتياطي الاستراتيجي.
3. تبدأ مبيعات السيارات العاملة على الإيثانول الصافي بالارتفاع من 50000 سيارة عام 2001 لتصل إلى 325000 سيارة عام 2010.
4. رفع المعدل المتوسط لكفاءة الوقود في السيارات العاملة على الإيثانول من 10 كم/ لتر لتصل إلى 13.3 كم/ لتر بحلول عام 2010، بالتوافق مع زيادة المعدل المتوسط لكفاءة الوقود في السيارات العاملة على البنزين.

5. رفع نسبة الإيثانول في مزيج الإيثانول والديزل من 3٪ لتصل إلى 10٪ بحلول عام 2010.

السياسة التاسعة: تحفيز استخدام أنظمة الدارة المركبة العاملة على تفل قصب السكر ومشتقاته الأخرى

ينتج عن معالجة قصب السكر للحصول على الإيثانول بقايا صلبة تسمى التفل، ويحتوي على قدر عال من الطاقة، ويمكن حرقه في منشآت تقطير الإيثانول لإنتاج الكهرباء والبخار وفق أسلوب الدارة المركبة. لكن، كما ذكر في الفصل الرابع، يكون ذلك عند ضغط منخفض وبكفاءة متدنية لتلبية حاجات منشآت التقطير من الطاقة.

ويمكن تحسين كفاءة توليد الطاقة الكهربائية بشكل كبير عبر تقنيات متطورة ذات كفاءة عالية، مثل استخدام المراجل ذات الضغط العالي، ودورات التكاثف والاسترجاع في التربينات البخارية، وتقنيات التمييع والدارة المركبة (Moreira 2000). وقد بدأ تطبيق بعض هذه التقنيات بالفعل، حيث بلغت السعة الكهربائية الواردة إلى الشبكة الكهربائية من منشآت قصب السكر عام 2001 حوالي 400 جيجاواط ساعي.

تعمل منشآت قصب السكر عادة بين شهري أيار/ مايو وتشرين الثاني/ نوفمبر، ويصادف هذا الوقت فصل الجفاف في البرازيل بالنسبة لإنتاج الطاقة الكهرمائية، حيث تصل إلى أدنى مستوى لها في معظم أرجاء البرازيل، ويعطي ذلك إمدادات الطاقة الواردة إلى الشبكة من منشآت قصب السكر أهمية خاصة في هذا الوقت من السنة. ومن جهة أخرى تشكل الكهرباء الفائضة عن منشآت تقطير قصب السكر سنداً للطاقة الكهربائية الناتجة عن مصادر مائية في المواسم المطيرة في معظم السنين.

في موسم 1999-2000 زُرع 300 مليون طن من قصب السكر في البرازيل، وحتى يتوافق إنتاج محصول قصب السكر والزيادة المفترضة في إنتاج الإيثانول من 12 مليار لتر عام 2000 لتصل عام 2010 إلى 16.5 مليار لتر، فإن هذا يتطلب زيادة محصول قصب السكر ليصل عام 2010 إلى 350 مليون طن.[8] وإذا أخذنا بالاعتبار الطرق التقليدية في

حصاد ومعالجة قصب السكر، فسينتج عن ذلك ما يعادل 94 مليون طن من التفل عام 2010.

إن الطرق التقليدية اليدوية المتبعة في عملية حصاد قصب السكر تشمل حرق الأوراق والأجزاء العليا من النبات قبل قطعه وحصاده، وهذا يؤدي إلى تخفيض الطاقة الحيوية المتوافرة، ويتسبب في تلوث الهواء بشكل كبير على المستوى الإقليمي. إن استخدام الوسائل الحديثة في الحصاد، ومن دون الحاجة إلى الحرق المسبق، يعزز كثيراً من محتوى الطاقة الحيوية، ويعمل بنفس الوقت على تخفيض تلوث الهواء. وستستخدَم في ولاية ساو باولو الوسائل الحديثة في أكثر من 70٪ من المناطق المزروعة.

ويمكن لمجموعة من السياسات أن تسهل استخدام أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة ذات الكفاءة العالية العاملة على التفل، وتشجع استخدام الأجزاء العليا والأوراق من قصب السكر لإنتاج الطاقة. وتشابه بعض هذه السياسات تلك اللازمة لتحفيز استخدام أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة العاملة على الغاز الطبيعي (انظر السياسة الرابعة السابقة)، وهذه السياسات هي:

1. مطالبة مؤسسات الطاقة بشراء الطاقة الفائضة عن منشآت معالجة قصب السكر، بأسعار تتناسب وما جرى توفيره، سواء للتوليد أو النقل أو التوزيع، بموجب عقود طويلة الأجل.

2. مطالبة مؤسسات الطاقة بربط أنظمة التوليد بالدارة المركبة بشبكة الطاقة الكهربائية، من دون تلكؤ أو وضع شروط تقنية غير معقولة للربط.

3. الاستمرار في التطوير والترويج للتقنيات ذات الكفاءة العالية، واستخدامها في منشآت قصب السكر، مثل تمييع التفل، وأنظمة التوليد بالدارة المركبة.

4. تأمين قروض طويلة الأجل بفوائد منخفضة لمنشآت قصب السكر التي تستخدم التقنيات ذات الكفاءة العالية، مثل أنظمة التوليد بالدارة المركبة.

5. تمويل ودعم التحول التدريجي نحو أنظمة الحصاد الميكانيكي.

وستبلغ السعة الكهربائية الناتجة عن أنظمة التوليد المشترك باستخدام الدارة المركبة العاملة على التفل حوالي 6300 ميجاواط عام 2010، وقد شكلت حوالي 10٪ من مجمل الطاقة المتاحة عام 2000. وتتأتى هذه السعة من محطات توليد بخارية ذات كفاءة منخفضة، ومن محطات أخرى ذات كفاءة عالية، وستتصاعد الطاقة المنتجة من محطات توليد الطاقة التي تعتمد التقنيات المتقدمة، كتقنيات التمييع المبتكرة، وأنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة في غضون الجزء المتبقي من هذا العقد.

من مزايا استخدام أنظمة الحصاد الميكانيكية إمكانية استرجاع واستخدام أوراق قصب السكر وأجزائه العليا في توليد الطاقة، لكن سيؤدي ذلك إلى تقليص اليد العاملة في قطاع إنتاج قصب السكر. وحسب سيناريو الطاقة النظيفة فإن نسبة حصد قصب السكر بالطرق اليدوية ستنخفض من 60٪ عام 2005 إلى حوالي 30٪ عام 2010، وذلك للتخفيف من الآثار السلبية على سوق العمل، لكن التحول التدريجي نحو الحصاد الميكانيكي سيرافقه توسع في زراعة قصب السكر وإنتاج الإيثانول، وسيستوعب قطاع صناعة قصب السكر نفسه كثيراً من العمال الذين يفقدون وظائفهم في أعمال حصاد قصب السكر.

السياسة العاشرة: تحفيز انتشار أنظمة طاقة الرياح المرتبطة بالشبكة الكهربائية

استُخدمت أنظمة طاقة الرياح منذ أمد بعيد في البرازيل في ضخ المياه، ولكن على نطاق محدود. وبدأ استخدام طاقة الرياح لتوليد الكهرباء عام 1992 في جزيرة فرناندو دي نورونا Fernando de Noronha الواقعة على الساحل الشمالي الشرقي للبرازيل، وتم تركيب كثير من أنظمة الطاقة الرياحية بسعات تراوح بين 1 و10 ميجاواط خلال أعوام 1992-1999.

لم تتمكن طاقة الرياح في التسعينيات من أخذ دورها المطلوب كما هي الحال في الدول الأخرى، وذلك لعدة عوامل منها: غياب التشريعات الناظمة لشروط الربط مع مؤسسات الطاقة، وتعرفة الطاقة المعادة إلى الشبكة. وبغض النظر عن ذلك، تعمل في

البرازيل إحدى الشركات المتعددة الجنسيات على إنتاج وتسويق التربينات الرياحية ذات السعات الكبيرة.

تتمتع البرازيل بإمكانيات كامنة كبيرة لتوليد الطاقة من الرياح، سواء في المناطق الساحلية بالقرب من المراكز السكانية، أو في بعض المناطق الداخلية. وتقدر طاقة الرياح الكامنة في ولاية سييرا Ceara وحدها بحوالي 25000 ميجاواط (AWEA 2002). وقد أسست الوكالة التنظيمية الفيدرالية في شباط/ فبراير 2001 معايير لتعرفة الطاقة المعادة إلى الشبكة العامة من أنظمة طاقة الرياح والأشكال الأخرى من الطاقة المتجددة، وقدرت هذه التعرفة لطاقة الرياح بـ 48 دولاراً/ ميجاواط ساعي. وقد تبين أن هذا الحافز لم يكن كافياً لتشجيع المشاريع التجارية لطاقة الرياح، لكن مع ظهور أزمة الطاقة التي حدثت في منتصف عام 2001 اتخذت خطوات إضافية لتشجيع استخدام أنظمة طاقة الرياح.

أطلقت الحكومة في تموز/ يوليو 2001 برنامج طوارئ قصير المدى لطاقة الرياح، وكانت الغاية من البرنامج تركيب أنظمة طاقة الرياح بسعة تصل إلى 1050 ميجاواط بحلول كانون الأول/ ديسمبر 2003. وقد ارتفعت أسعار الطاقة في العقود الطويلة الأجل إلى 57 دولاراً/ ميجاواط ساعي لمشاريع طاقة الرياح الموافق عليها قبل نهاية عام 2001، ثم هبطت الأسعار إلى 52 دولاراً/ ميجاواط ساعي للمشاريع الموافق عليها قبل نهاية عام 2002. (Wachsmann and Tolmasquim 2002).

وفي عام 2002 سُنّ قانون يلزم شركات توزيع الطاقة بدفع ما يعادل 80٪ من متوسط سعر التجزئة للطاقة لصالح مشاريع طاقة الرياح لمدة تزيد على 15 عاماً (Moreira 2002). ونتيجة لهذه السياسات، كان ثمة تخطيط للعديد من مزارع طاقة الرياح، والبعض منه قيد الإنجاز حالياً اعتباراً من منتصف عام 2002. وبذلك دخلت أنظمة طاقة الرياح عهداً جديداً تتبوأ فيه مركزاً أساسياً كأحد مصادر الطاقة الكهربائية في البرازيل.

يمكن التوسع في مثل هذه السياسات لتحقيق نمو منتظم في طاقة الرياح حتى العام 2010، ويمكن بحلول عام 2010 أن تبلغ سعات أنظمة طاقة الرياح المركبة حوالي 7000 ميجاواط، وبالمقارنة مع دول أخرى فإن سعات أنظمة طاقة الرياح المركبة في ألمانيا بلغت حوالي 6000 ميجاواط، وفي إسبانيا 3100 ميجاواط عام 2000. وكان ذلك عبر تبني سياسات مشابهة في التسعينيات (BTM Consult 2001).

السياسة الحادية عشرة: تحفيز استخدام الطاقة المتجددة في التطبيقات غير المربوطة بالشبكة الكهربائية

بموجب برنامج يسمى PRODEEM تم تركيب نحو 5700 نظام كهرضوئي في مناطق لم تصلها الشبكة الكهربائية، وتتركز هذه المناطق أساساً في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من البرازيل.[9]

يقوم هذا البرنامج بعملية الشراء بالجملة للأنظمة الكهرضوئية، ثم يقوم بتوزيعها مجاناً على المستخدمين النهائيين عبر الهيئات المحلية على مستوى الولايات. غير أن كثيراً من هذه الأنظمة تعاني سوء خدمات الصيانة، ولا تعمل بالشكل المطلوب بسبب مشكلات تقنية، وبسبب أنها توزع مجاناً (Lima 2002).

يبدو من المنطقي تأسيس بنية تحتية لإمداد الأنظمة الكهرضوئية في القطاع الخاص في البرازيل، بدعم مقاولي أنظمة الطاقة الشمسية، وتقديم قروض صغيرة بشروط ميسرة، وتقديم دعم أسعار للعائلات التي لم تصل الشبكة الكهربائية إليها.[10] وتتضمن هذه السياسة تقديم قروض بفوائد مخفضة ودعم فني لموزعي الأنظمة الكهرضوئية في المناطق الريفية الذين يسوِّقون هذه الأنظمة ويقدمون خدمات التركب والصيانة لها.

ويمكن لسياسة دعم أسعار الأنظمة الكهرضوئية أن تتراجع تدريجياً مع مرور الوقت، ومع تطور وتحسن تقنيات الأنظمة الكهرضوئية. لقد أثبتت هذه الاستراتيجية المتكاملة التي تعالج كلا الجانبين العرض والطلب نجاعتها في برامج الأنظمة الكهرضوئية في بلدان أخرى مثل الهند واليابان.

يبلغ عدد العائلات التي ليس لديها كهرباء حوالي 2.2 مليون عام 1999. ويعاني كثير من هذه العائلات الفقر وتعيش بعيداً عن الشبكة الكهربائية. وليس مجدياً من حيث الكلفة أن تمد الشبكة الكهربائية إلى هؤلاء الناس بسبب الكلفة العالية لكهربة الريف والطلب الطاقي المتدني لهذه العائلات. ويمكن لهذه السياسة فيما لو تم تطبيقها بصرامة أن تمد أكثر من نصف هذه العائلات بالطاقة الكهربائية عبر الأنظمة الكهرضوئية بحلول عام 2010. إضافة إلى ذلك يمكن التركيز على تأمين الطاقة الكهربائية للاستخدامات المنزلية (كالإنارة، والاتصالات، والترفيه...الخ)، ولأغراض إنتاجية (الأعمال التجارية المنزلية، وصناعات الأكواخ)، وذلك بغية دفع مسيرة التنمية الاجتماعية والاقتصادية في المناطق الأكثر فقراً.

السياسة الثانية عشرة: تحسين كفاءة أسطول الشحن البري

تتوافر خيارات متعددة لتحسين كفاءة الشاحنات المتوسطة والثقيلة، مثل استخدام المحركات ذات الكفاءة العالية، وتخفيض قوة الجر الأيروديناميكية، واستخدام أنظمة نقل الحركة ذات الاحتكاك المنخفض، وتخفيض الطاقة في حالات عدم التحميل (Interlaboratory Working Group 2000). والشيء نفسه ينطبق على القطارات حيث يتوافر أيضاً عديد من الخيارات لتحسين كفاءة القطارات.

إن السياسات اللازمة لتحسين هذه الكفاءة في دولة مثل البرازيل تشمل برامج البحث والتطوير والتوعية، والحوافز الضريبية لتشجيع إنتاج وشراء الشاحنات والقطارات ذات الكفاءة العالية، وإذا لزم الأمر فرض معايير لكفاءة الوقود للشاحنات الجديدة. ونظراً للتأخير الذي يرافق إدخال التقنيات الجديدة في البرازيل فمن المفترض أن تؤدي هذه السياسات إلى تحسينات كبيرة في اقتصادية الوقود قد تصل إلى 16٪ بالنسبة لقطاع الشحن البري، و12٪ للنقل بالقطارات بحلول عام 2010.

من الممكن أيضاً تحسين كفاءة قطاع الشحن بتحويل الشحن بين الأنواع المختلفة المتوافرة، وبشكل خاص التحول من الأنماط الأقل كفاءة إلى أنماط الشحن الأكثر كفاءة،

كالشحن بالقطارات والعبّارات. في الواقع، انخفض استخدام الشاحنات بنسبة 5٪ خلال أعوام 1996-2000 مع التوسع الذي شهده قطاع الشحن بالقطارات وبالسفن (GEIPOT 2001). ومع استمرار الاستثمارات في البنية التحتية للسكك الحديدية والطرق المائية، ونظام النقل المتعدد الوسائط، والبنية التحتية لأنماط الشحن المتعددة، من الممكن زيادة الشحن بالقطارات من 21٪ عام 2000 لتصل إلى 29٪ عام 2010، والشيء نفسه بالنسبة للشحن المائي، حيث سيرتفع من 14٪ إلى 18٪ خلال المدة نفسها، وهذا يعني أن الشحن البري سينخفض من 60٪ عام 2000 إلى حوالي 48٪ عام 2010.

الطاقة والآثار الأخرى

جرى تحليل السيناريو الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة باستخدام نموذج حاسوبي يعرف بالنموذج المتكامل لتخطيط الطاقة. يقدم هذا النموذج تحليلاً متكاملاً للإجراءات التي تؤثر في كلا جانبي الطلب والعرض، ويتضمن درجة عالية من الخصوصية والتشعب عند المستخدم النهائي، وبذلك يتم تحليل التغيرات في كفاءة جهاز أو سيارة أو عملية صناعية معينة وما شابه ذلك. ويقوم هذا النموذج أيضاً بتحليل إمدادات الطاقة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بها حتى عام 2010 فقط، ولا يأخذ بالحسبان كلفة الطاقة أو المؤشرات الاقتصادية الأخرى، باستثناء نمو الناتج المحلي الإجمالي (Tolmasquim and Szklo 2000).

وقد تمت نمذجة كل من سيناريو الطاقة النظيفة والسيناريو الأساسي بفرض نمو اقتصادي ثابت بمتوسط 4.7٪ سنوياً، خلال الفترة 2001-2010. وقد يبدو أن هذا النمو صعب التحقيق على أرض الواقع لكنه يظل ممكناً في البرازيل.

يبين الجدول (6-1) إجمالي إمدادات الطاقة الأساسية لأعوام 2000 و2005 و2010 حسب كلا السيناريوهين. تزداد إمدادات الطاقة الإجمالية بموجب السيناريو الأساسي بنسبة 80٪ أو بمتوسط 6٪ سنوياً خلال 2000-2010. وتتوزع الزيادة السنوية حسب نوع الوقود على الشكل التالي: النفط3.1٪، الغاز الطبيعي 20.3٪، الطاقة المائية 1.8٪،

الطاقة الحيوية 0٪، الفحم 2.6٪. وينمو استخدام الغاز الطبيعي بسرعة كبيرة بسبب عدم الاعتماد عليه في البداية بدرجة كبيرة، وبسبب تدفق إمدادات الغاز الطبيعي والتوسع الكبير في استخدامه في محطات توليد الطاقة خلال هذه الآونة. وبالنسبة للطاقة الحيوية تبقى ثابتة بسبب الانخفاض الطفيف في استخدام الفحم الخشبي والخشب والزيادة المتواضعة في استخدام منتجات قصب السكر.

الجدول (6-1)

إمدادات الطاقة الأساسية في سيناريو الطاقة الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة

(مليون طن متري مكافئ نفط)

	2000	2005		2010	
		الأساسي	النظيف	الأساسي	النظيف
مصدر الطاقة					
النفط ومشتقاته	87.9	100.2	94.4	119.7	97.2
الغاز الطبيعي	9.8	44.1	30.8	62.2	42.5
الفحم	13.4	15.6	14.0	17.4	14.0
الطاقة النووية[أ]	1.8	3.3	3.3	3.3	3.3
المجموع الفرعي من دون الطاقة المتجددة	(112.8)	(163.2)	(142.5)	(202.6)	(156.9)
الطاقة المائية[أ]	99.1	113.3	115.2	118.7	119.4
الخشب والفحم الخشبي	21.4	20.9	19.8	20.4	17.7
منتجات قصب السكر	22.2	23.4	24.9	23.5	24.9
أشكال أخرى	3.9	4.4	4.3	5.1	4.6
المجموع الفرعي للطاقة المتجددة	(146.6)	(162.0)	(164.2)	(167.6)	(166.7)
المجموع	**259.4**	**325.2**	**306.7**	**370.2**	**323.6**

ملاحظة: (أ) يتم حساب الطاقة النووية والمائية ومصادر الطاقة الكهربائية المتجددة الأخرى من خلال ما يكافئها من النفط المستخدم في محطات توليد الطاقة الحرارية.

بالنسبة لسيناريو الطاقة النظيفة فإن السياسات التي تهدف إلى تحسين كفاءة الطاقة تحد من نمو استخدام الطاقة الإجمالية الأساسية خلال أعوام 2000-2010 إلى 39٪، أو بمتوسط 3.4٪ سنوياً. وسيبلغ النمو في معدل استخدام النفط سنوياً 1٪، وهذا يعادل ثلث المعدل في سيناريو الطاقة الأساسي، بينما يبقى استخدام الغاز الطبيعي عالياً (متوسط 16٪ سنوياً)، لكن سيصبح استخدام الغاز الطبيعي عام 2010 أقل بما يعادل 32٪ مما عليه الحال في سيناريو الطاقة الأساسي.

وتظل الطاقة الحيوية ثابتة تقريباً، بينما يزداد وبسرعة استخدام منتجات قصب السكر في سيناريو الطاقة النظيفة مقارنة بسيناريو الطاقة الأساسي، ويشهد استخدام الفحم الخشبي والخشب تناقصاً أكبر.

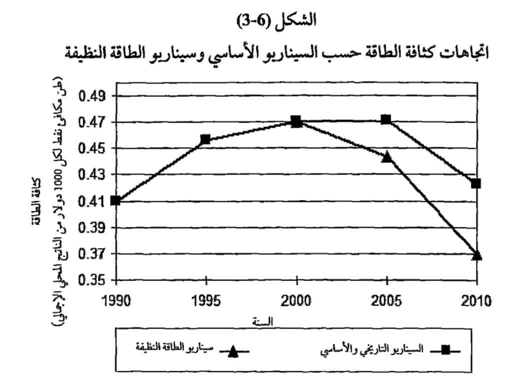
ومما لا ريب فيه أن الحد من نمو استهلاك النفط والغاز الطبيعي سيكون له أثر إيجابي على الميزان التجاري للبرازيل، وحسب سيناريو الطاقة النظيفة سيتجاوز إنتاج النفط المتوقع عام 2010 الطلب الداخلي على المشتقات النفطية بحوالي 24٪، وهذا يمكّن البرازيل من تصدير النفط ومشتقاته. أما في السيناريو الأساسي فإن إنتاج النفط يوشك ألا يغطي الطلب الداخلي على المشتقات النفطية. وفي السيناريو الأساسي سترتفع مستوردات البرازيل من الغاز الطبيعي بشدة وستبلغ 62٪ من الطلب الإجمالي عام 2010، وفي سيناريو الطاقة النظيفة ستبلغ مستوردات الغاز الطبيعي ما نسبته 44٪ من الطلب الإجمالي عليه عام 2010، وبالتالي فإن مستوردات الغاز الطبيعي في سيناريو الطاقة النظيفة هي أقل بكثير من السيناريو الأساسي عام 2010.

يبين الشكل (6-3) تطور كثافة الطاقة بالنسبة إلى الناتج المحلي الإجمالي (E/GDP) في كلا السيناريوهين، فإذا عدنا إلى السيناريو الأساسي نلاحظ أن كثافة الطاقة تظل مستقرة خلال المدة 2000-2005 لكنها تنخفض بنسبة 10٪ بحلول عام 2010. من جهة أخرى وحسب سيناريو الطاقة النظيفة فإن كثافة الطاقة تنخفض بشكل مستمر خلال

العقد 2000–2010 وتتجاوز نسبة الانخفاض 21٪ عام 2010، وذلك بسبب تحسن كفاءة الطاقة واستخدام أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة.

الشكل (6-3)

اتجاهات كثافة الطاقة حسب السيناريو الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة



وللمقارنة فقد ازدادت كثافة الطاقة بالنسبة إلى الناتج المحلي الإجمالي في البرازيل بنسبة 15٪ خلال عقد التسعينيات الماضي بسبب نمو خدمات كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة في القطاع السكني بشكل أسرع من الناتج الاقتصادي، ولتغيرات هيكلية أخرى ضمن الاقتصاد (Tolmasquim et al. 1998).

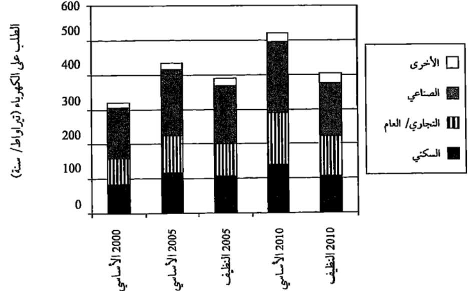
تتباعد إمدادات الطاقة الكهربائية في كلا السيناريوهين بسبب تقلص نمو الطلب، وتحفيز استخدام أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة، ومصادر الطاقة المتجددة في سيناريو الطاقة النظيفة. إن أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة العاملة على الغاز الطبيعي أو مشتقات قصب السكر تقدم ما يعادل 15٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية الإجمالية عام 2010، وذلك حسب سيناريو الطاقة النظيفة، مقابل 6٪ فقط حسب السيناريو الأساسي.

من جهة أخرى تؤمّن مصادر الطاقة المتجددة التـي تـشمل الطاقـة المائيـة والريـاح، والطاقة الشمسية، وأنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة العاملة على الوقود الحيوي، مـا نسبته 67٪ من الطاقة الكهربائية المولدة عام 2010 حسب سيناريو الطاقة النظيفة، بالمقارنة مع ما نسبته 56٪ وفق السيناريو الأساسي.

وفق السيناريو الأساسي ستقام محطات جديدة عاملة على الغاز الطبيعي بسعة إجمالية تبلغ 39 جيجاواط خلال العقد 2000–2010، بينما في حال سيناريو الطاقة النظيفة سـتبلغ السعة المضافة 26 جيجاواط فقط. من ناحية أخرى ستبلغ سعة أنظمة التوليـد باسـتخدام الدارة المركبة والتي سيتم تركيبها حوالي 12 جيجاواط في سيناريو الطاقة النظيفة، مقابل 4 جيجاواط في السيناريو الأساسي.

الشكل (6-4)

الطلب على الكهرباء حسب القطاعات في كل من السيناريو الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة

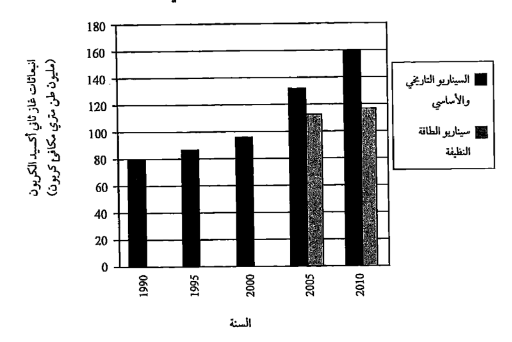


وبأخذ هذين المصدرين بالاعتبار فإن هناك نمواً أقل بما يعادل 10٪ في التوسع الإجمالي في سعات الطاقة المولدة وفق سيناريو الطاقة النظيفة. وستكون أيضاً الحاجة أقل للاستثمارات في مجال أنظمة النقل والتوزيع، لأن السعات الجديدة ستكون لامركزية وقريبة من أماكن الطلب على الطاقة. وبالتالي فإن الاستثمارات في قطاع الطاقة ستكون أقل في سيناريو الطاقة النظيفة.

ويبين الشكل (6-5) تغير انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من قطاع الطاقة في البرازيل لكلا السيناريوهين. طبقاً للسيناريو الأساسي ستزداد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 66٪ خلال الفترة 2000-2010،[12] بينما في سيناريو الطاقة النظيفة لن تتجاوز هذه الانبعاثات ما نسبته 23٪ خلال هذا العقد، وسيكون ذلك ضمن إطار الجهود العالمية المبذولة للحد من الانبعاثات المسببة لظاهرة الدفيئة وارتفاع درجة حرارة الأرض.

الشكل (6-5)

انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في السيناريو الأساسي وسيناريو الطاقة النظيفة



إن تنفيذ هذه السياسات يمكن أن يفتح المجال لتأمين تمويل مشترك للمشروع من خلال آلية النمو النظيفة ضمن إطار بروتوكول كيوتو (وذلك لتغطية الكلفة الزائدة الناتجة عن تركيب أنظمة طاقة الرياح والأنظمة الكهرضوئية، وأنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة العاملة على التفل). وستتم مناقشة هذه الآلية في الفصل السابع.

الخلاصة

تقدم السياسات المقترحة في سيناريو الطاقة النظيفة طيفاً واسعاً من الفوائد، وتساهم في تحقيق معظم الأهداف المذكورة أعلاه. فهي في البداية ستخفض من الإنفاق على قطاع الطاقة بسبب التحسينات على كفاءتها، ما يؤدي إلى تخفيض نمو الطلب على الطاقة برغم أن هذه النقطة تحتاج إلى تحليل أعمق. وسيتم تحويل بعض الاستثمارات من منتجي الطاقة إلى المستخدمين النهائيين (المستهلكين وقطاع الأعمال)، الذين سيقومون بشراء منتجات وسيارات ومعدات توليد باستخدام الدارة المركبة أكثر كفاءة. وإذا ما قيض لهذه الاستثمارات أن تقدم متزامنة مع تبديل الأجهزة، فإن الكلفة الإضافية المترتبة على ذلك ستكون معتدلة (Geller et al. 1998).

لا ريب في أن هذه السياسات ستؤدي إلى خفض الواردات الصافية من مصادر الطاقة، وبالتالي تحسن الميزان التجاري البرازيلي. وستنخفض الواردات من الغاز الطبيعي بسبب تقنيات تحسين الكفاءة، وخفض الحاجة إلى محطات توليد الطاقة، إضافة إلى ذلك فإن إنتاج النفط سيتجاوز الطلب على المشتقات النفطية إذا ما سار نمو إنتاج النفط كما هو متوقع. إن آثار ذلك ستكون كبيرة جداً، حيث سينتج عن ذلك فائض تجاري في مجال الطاقة يقدر بخمسة مليارات دولار سنوياً اعتباراً من عام 2010.

سيجري من خلال تطبيق هذه السياسات تحسين كفاءة الطاقة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة في البرازيل. وسينخفض استخدام الطاقة على المستوى القومي بحوالي 12.5٪ عام 2010 إذا ما جرى تبني هذه السياسات وأحسن تنفيذها. وسيظل إجمالي

استخدام الطاقة المتجددة كما هو عام 2010، سواء مع هذه السياسات أو من دونها، لكن هذه السياسات ستقدم إمدادات أكبر من الإيثانول، وطاقة الرياح والطاقة الشمسية، والكهرباء الناتجة عن منتجات قصب السكر. إن الزيادة في مصادر الطاقة المتجددة هذه ستتم موازنتها من خلال انخفاض استخدام مصادر الطاقة التقليدية (الخشب والفحم الخشبي)، وذلك حسب سيناريو الطاقة النظيفة، وسينتج عن هذه السياسات أيضاً ارتفاع مساهمة الطاقة المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة مقارنة بالسيناريو الأساسي.

لا شك في أن لهذه السياسات آثاراً إيجابية كبيرة على البيئة، مع أن التأثير الوحيد الذي يمكن التعبير عنه بشكل كمي هو الأثر على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. وستخفض هذه السياسة بشكل كبير من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون مقارنة بما هو متوقع فيما لو سارت الأمور على النهج الحالي. وستؤدي هذه السياسات إلى خفض الملوثات الجزيئية وانبعاثات أكاسيد النيتروجين من السيارات بسبب تقليص الاعتماد على الشاحنات العاملة على الديزل، وتحسن كفاءة جميع أنواع المركبات، وهذا ما سينعكس إيجابياً على الهواء في المناطق الحضرية، وبالتالي على الصحة العامة. وستؤدي هذه السياسة أيضاً إلى تخفيض التلوث الناتج عن الحرق العشوائي لأوراق قصب السكر والأجزاء العلوية منه.

تتميز السياسات المقترحة في سيناريو الطاقة النظيفة بأن لها آثاراً إيجابية أخرى. فقد تم وضع إحدى السياسات للتوسع في إيصال الطاقة الكهربائية إلى العائلات الفقيرة في الأرياف التي لم تصلها الكهرباء بعد. وبموجب هذه السياسات سيجري التوسع في استخدام تطبيقات طاقة الرياح وأنظمة الخلايا الكهرضوئية في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من البرازيل، والتي تعاني حالياً تفشياً للفقر وتخلفاً اجتماعياً بدرجة كبيرة. ومن مزايا هذه السياسات أيضاً أنها ستنمي قطاع صناعة قصب السكر، والتي تتميز باعتمادها الكبير على العنصر البشري مقارنة بصناعات أخرى في البرازيل، وستزيد من تنافسيته.

من مزايا هذه السياسات أيضاً أنها ستؤمّن إلى حد معين التنوع في مصادر إمدادات الطاقة عبر التوسع في تطبيقات طاقة الرياح، وزيادة استخدام منتجات قصب السكر.

لكنها ستخفض من نمو استخدام الغاز الطبيعي والفحم، مقارنة باستمرار الوضع الراهن. ومع تقليل إجمالي استخدام الطاقة طبقاً لسيناريو الطاقة النظيفة، سيشكل النفط والطاقة المائية معاً حوالي 67٪ من مجمل استهلاك الطاقة عام 2010، مقارنة بنسبة 64٪ في نفس السنة و73٪ عام 2000 وفق السيناريو الأساسي. لذلك فإن هذه السياسات لن تسبب تنوعاً أكبر في إمدادات الطاقة الإجمالية عما هو متوقع أن يحدث حسب التوجهات الحالية للطاقة.

لقد أظهرت البرازيل القدرة على تبني وتنفيذ سياسات وتقنيات مبتكرة في مجال الطاقة بفعالية، وكما تبين ذلك من خلال برنامج وقود الإيثانول والجهود المبذولة على صعيد تحسين كفاءة الطاقة الكهربائية. تتضمن هذه الجهود التزامات حكومية طويلة الأجل، ومجموعة متكاملة من السياسات للتغلب على العقبات التقنية والمؤسساتية وتلك الموجودة في السوق، وتفعيل دور القطاع الخاص في هذا المضمار. ويمكن استخدام استراتيجية مشابهة لتنفيذ السياسات المقترحة هنا بنجاح.

تشمل بعض السياسات المقترحة حوافز مالية جديدة، وبشكل خاص تلك الموجهة نحو نشر مصادر الطاقة المتجددة، حيث يتم تمويل هذه الحوافز بفرض ضريبة مرتفعة على الوقود الأحفوري التقليدي كمشتقات النفط. في الواقع، اقتُرح فرض ضريبة مرتفعة على البنزين لتمويل الحوافز الجديدة للتوسع في إنتاج الإيثانول واستخدامه. وتشمل السياسات الأخرى فرض التزامات على السوق، مثل دفع حوافز تتناسب وما جرى توفيره لمنتجي الطاقة الكهربائية من أنظمة التوليد باستخدام الدارة المركبة، وتقديم دفعات مالية مشجعة للطاقة الناتجة عن أنظمة طاقة الرياح، لكن إذا أدت هذه السياسات إلى تشوهات كبيرة في أسعار السوق لإمدادات الطاقة الكهربائية التنافسية الحديثة النشأة في البرازيل، يمكن عندها للمستهلكين وجميع منتجي الطاقة أن يتشاركوا في تحمل الكلفة الزائدة.

إن السياسات المقترحة هنا للبرازيل يمكن أن تستخدم في كثير من الدول النامية، وبخاصة أن تلك الدول تشترك مع البرازيل في كثير من القواسم المشتركة، مثل الحاجة إلى التوسع في تقديم خدمات الطاقة بأقل كلفة ممكنة، وزيادة كفاءة إمدادات الطاقة والطلب عليها، وتخفيض الواردات النفطية، والاستفادة القصوى من مصادر الطاقة المتجددة المحلية، وتحسين الظروف المعيشية للمواطنين الفقراء. لكن يكمن الخلاف بين الدول النامية المختلفة في شدة هذه الحاجات وأولويات تنفيذها. على أي حال، فإن ما لا شك فيه أن الدول النامية ستستفيد من اتباع سياسات مشابهة لما بُحث هنا، لكن بالطبع بعد إعادة تفصيلها وترتيبها لتتناسب ومصادرها المتوافرة وقدراتها وحاجاتها.

الفصل السابع

السياسات والمؤسسات الدولية

ناقشت الفصول السابقة السياسات التي جرى تبنيها فرادى أو مجموعةً، على مستويات مختلفة، ابتداءً من المستوى المحلي ووصولاً إلى المستوى القومي، حيث تبين أن السياسات على المستوى القومي وعلى مستوى الولايات كانت هي الآلية الأساسية لدفع كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة قدماً إلى الأمام في كافة أنحاء العالم. لكن مما لا شك فيه أن السياسات الدولية والتنسيق معها قد أدت أيضاً دوراً في هذا المجال، إضافة إلى الدعم من المؤسسات الدولية مثل وكالة الطاقة الدولية والبنك الدولي والأمم المتحدة. تشمل السياسات الدولية التي تؤثر في تطور الطاقة النظيفة على مستوى العالم الآتي:

- التعاون في مجال البحث والتطوير والتوعية، وفي مجال المعايير ونشرها بين الدول.
- السياسات التي تؤثر في نقل التقانة إلى الدول النامية.
- برامج الطاقة لوكالات المساعدة الإنمائية الثنائية، كالمؤسسة البيئية العالمية والأمم المتحدة.
- سياسات الطاقة ومحافظ الإقراض للبنك الدولي وبنوك التنمية المتعددة.
- معاهدة التغير المناخي العالمي.

سنناقش كل موضوع من مواضيع هذا الفصل، وفي نهايته سنطرح السؤال التالي: هل المؤسسات الدولية الحالية كافية لدعم الانتقال نحو مستقبل مستدام في مجال الطاقة؟ ثم نعرض اقتراح إمكانية إنشاء مؤسسة جديدة تتولى هذه المهمة.

التعاون الدولي في مجال الطاقة النظيفة

إن التحول نحو مستقبل تستخدم فيه الطاقة النظيفة بفاعلية يستلزم التعاون بين الدول المختلفة، حيث يمكن للتعاون الدولي في مجال البحث والتطوير والتوعية في تقنيات الطاقة الحديثة أن يعزز مصادر الطاقة، ويزيد من تسارع الابتكارات التقنية. ويمكن للتعاون في مجال سياسات الطاقة، كإجراءات الاختبار، ونظام لصاقات الاستهلاك الطاقي، ومعايير كفاءة الطاقة، والحوافز المالية، أن تقلل من الفجوة بين الدول وتسهل التفاعل مع القطاع الخاص. وتؤدي السياسات المتناغمة دوراً مهماً في المنتجات التي تصنع بالجملة وتوزع على مستوى العالم (كقطاع صناعة السيارات الذي يمكن أن يحقق مكاسب من تنسيق إجراءات ومعايير اختبار كفاءة الوقود، ومن الجهود العالمية في مجال تحسين كفاءة الطاقة بفرض أنه قد تم تبني معايير معقولة).

خارج النشاطات المحددة في القطاع الخاص، فإن وكالة الطاقة الدولية هي الجهة الرئيسية التي تتولى تنسيق التعاون الدولي في مجال تقنيات الطاقة. فقد تأسست وكالة الطاقة الدولية في أعقاب أزمة النفط التي هزت العالم عام 1973، وضمت 26 دولة من أوربا وأمريكا الشمالية ومنطقة المحيط الهادي. وتتمثل المهمة الرئيسية للوكالة في تشجيع التشغيل الفعال للسوق العالمية للطاقة، إضافة إلى المحافظة على آلية لمواجهة اضطرابات إمدادات النفط (IEA 2001d).

تقوم وكالة الطاقة الدولية بمجموعة واسعة من النشاطات والتنسيق بهدف دعم تحسين كفاءة الطاقة، والطاقة المتجددة على مستوى العالم. وتقوم الوكالة بإجراء الدراسات التحليلية والتقدم بالتوصيات فيما يتعلق بسياسات الدول الأعضاء لتحفيز كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، وتشجيع التعاون الدولي في مجال البحث والتطوير والتوعية لتقنيات الطاقة المبتكرة. إضافة لذلك تقوم بتشجيع تأمين واستخدام الطاقة بحيث تتوافر المحافظة على بيئة أكثر استدامة (IEA 2001d).

يكون معظم العمل الذي تقوم به الوكالة عبر تنفيذ اتفاقيات تشارك فيها الدول الأعضاء والمساهمة بها بشكل طوعي. وتتعهد الأطراف المشاركة في هذه الاتفاقيات بشكل مشترك ببرامج البحث والتطوير والتوعية في مجال تقنيات الطاقة ومشاريع التوعية، والدراسات التقديرية للتقنيات وللأسواق، ومبادرات المشتريات، ونشر المعلومات وتبادلها، ويمكن فيما يأتي عرض أمثلة لهذه البرامج:

- التعاون في مجال البحث والتطوير والتوعية في إنتاج واستخدام تقنيات الطاقة المتجددة والمضخات الحرارية والهيدروجين.
- التعاون في تصميم أنظمة التدفئة والتبريد المناطقية المتطورة.
- تنسيق عمليات شراء الأدوات الكهربائية وأنظمة الإنارة والأجهزة المكتبية والتقنيات الأخرى المبتكرة وذات الكفاءة العالية.
- تبادل المعلومات المتعلقة بالتقنيات والبرامج الخاصة بإدارة جانب الطلب واستخدام أنظمة الطاقة المتجددة.
- تطوير إجراءات الاختبار لتقويم أداء التربينات الرياحية والتقنيات المبتكرة الأخرى.

تنظم وكالة الطاقة الدولية مبادرة تقنيات المناخ التي تساعد الدول النامية على تبني تقنيات وإجراءات الطاقة الصديقة للبيئة، وتدعم هذه المبادرة نشاطات متنوعة كبناء القدرات، ونشر المعلومات والدعم الفني (IEA 2001h). لكن الميزانية المخصصة لهذا الغرض ضئيلة نسبياً.

يتزايد التعاون في مجال تقنيات الطاقة وسياساتها في الاتحاد الأوربي، وقد كان التطرق إلى بعض أشكال هذا التعاون في الفصل الثالث، مثل الاتفاقات الطوعية بين الاتحاد الأوربي وقطاع صناعة السيارات لتحسين الكفاءة وخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من السيارات، ونظام لصاقات استهلاك الطاقة الأوربي، ومبادرات المعايير. إضافة إلى ذلك دخل الاتحاد الأوربي والمصنعون في اتفاقيات طوعية لتخفيض استهلاك

الطاقة في الأجهزة الإلكترونية، كأجهزة التلفاز والفيديو، وتقوم الوكالة بدعم هذه المبادرة من خلال تنظيم ورشات العمل، ورفع مستوى الوعي فيما يتعلق باستهلاك الطاقة للأجهزة الكهربائية في وضعية الانتظار. لقد ساهمت هذه الجهود في تخفيض استخدام الطاقة في وضعية الانتظار بنسبة 50٪ في أجهزة التلفاز المبيعة في الاتحاد الأوربي خلال الفترة 1995–1999 (IEA 2001f).

تبنى الاتحاد الأوربي عام 2000 توجهاً رسمياً لمضاعفة مساهمة الطاقة المتجددة في إمدادات الطاقة الأساسية في الاتحاد الأوربي بحلول عام 2010 (European Commission 2000). ويتضمن هذا التوجه أهدافاً تأشيرية لإمدادات الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة لكل دولة (الجدول 7–1). وتؤدي هذه الأهداف مجتمعة إلى تأمين ما نسبته 22٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة في الاتحاد الأوربي عام 2010. يتطلب هذا التوجه من كل دولة وضع هدف في مجال الطاقة المتجددة على المستوى الوطني، ثم تبني السياسات اللازمة لتحقيق هذا الهدف. ويؤسس هذا البرنامج نظام إجازة الطاقة الكهربائية المتجددة، ويسمح للدول بالاستمرار بدعمها لأسعار الطاقة المتجددة لفترة عشر سنوات على الأقل لتسهيل انتشارها.

يشهد التعاون الإقليمي بين الدول في أنحاء أخرى من العالم تطوراً متزايداً في مجال الطاقة، ويشمل هذا التعاون في بعض الحالات نقل التقنيات والاستراتيجيات من إحدى الدول التي طبقتها بنجاح إلى جيرانها، وهذا ما حصل بين الولايات المتحدة والمكسيك حيث ساعدت الولايات المتحدة المكسيك في تطوير معايير كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية وكودات الطاقة للمباني (Huang et al. 1998).

ومدت السويد يد العون إلى دول بحر البلطيق لزيادة كفاءة الطاقة في أنظمة التدفئة المناطقية وتحويلها لتعمل على مصادر حيوية، ويشمل هذا المشروع مساعدات فنية وتمويلاً لدعم الأسعار. وبلغ عدد المشاريع التي نفِّذت أو كانت قيد الإنجاز نحو 70 مشروعاً عام 2001. وأدى هذا البرنامج إلى الاستغلال التجاري للمراجل العاملة على الوقود الحيوي

في مناطق بحر البلطيق، إضافة إلى تطوير المهارات في مجال تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة ونشرها على المستوى المحلي (IEA 2001g).

الجدول (7-1)

الأهداف التأشيرية لاستهلاك الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة في الاتحاد الأوربي

الدولة	الهدف المنشود عام 2010 لمستوى الطاقة الكهربائية المتجددة (تيراواط ساعي)	حصة الطاقة الكهربائية المتجددة عام 1997 (٪)	حصة الطاقة الكهربائية المتجددة عام 2010 (٪)
أستراليا	55.3	72.7[أ]	78.1
بلجيكا	6.3	1.1	6.0
الدنمارك	12.9	8.7	29.0
فنلندا	33.7	24.7	35.0
فرنسا	112.9	15.0	21.0
ألمانيا	76.4	4.5	12.5
اليونان	14.5	8.6	20.1
أيرلندا	4.5	3.6	13.2
إيطاليا	89.6	16.0	25.0
لوكسمبورج	0.5	2.1	5.7
هولندا	15.9	3.5	12.0
البرتغال	28.3	38.5[أ]	45.6
إسبانيا	76.6	19.9	29.4
السويد	97.5	49.1[أ]	60.0
المملكة المتحدة	50.0	1.7	10.0
الاتحاد الأوربي	675.0	13.9	22.1

ملاحظة: (أ) تحصل النمسا والبرتغال والسويد على حوالي 30٪ من حاجتها من الطاقة الكهربائية من مصادر كهرمائية.

المصدر: European Commission 2000

لقد بدأ التعاون المشترك ينطلق في الدول النامية أيضاً؛ حيث أطلقت 14 دولة من تجمع تنمية الجنوب الأفريقي برنامجاً للتعاون في مجال تقنيات الطاقة النظيفة. وتركز هذه المبادرة على التقويم التقني، وبناء القدرات البشرية والمؤسساتية، وجذب الاستثمارات إلى قطاع الطاقة النظيفة في المنطقة. كما قامت الشبكة الأفريقية لأبحاث سياسة الطاقة بجمع الأكاديميين وصانعي السياسة لوضع استراتيجيات مبتكرة في مجال الطاقة (Karekezi 2002b).

يواجه التعاون الدولي في مجال الطاقة النظيفة عدداً من التحديات، حيث تقوم بعض الدول بالتركيز على تعزيز صناعاتها المحلية وصادراتها على حساب دعم إنتاج وتوزيع تقنيات الطاقة النظيفة في الدول الأخرى، إضافة إلى أنه من الصعوبة بمكان الوصول إلى اتفاقيات بين الدول على سياسات مشتركة بسبب استعار حمى التنافس. على سبيل المثال، واجهت الدول الأوربية صعوبة في تبني معايير متناسقة لكفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية ونظام لصاقات الاستهلاك الطاقي، بسبب اختلاف المواقف والمصالح القومية لهذه الدول (IEA 2000b). إن المكاسب الكامنة من التعاون الدولي تستلزم زيادة وتائره في ميدان تطوير تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (الإطار 7-1).

الإطار (7-1)

أنفقت الحكومة الفيدرالية في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 235 مليون دولار على 320 مشروعاً مختلفاً يمكن اعتبارها ضمن إطار التعاون الدولي في مجال تقنيات الطاقة عام 1997 (PCAST 1999). تغطي هذه المشاريع جوانب مختلفة من تقنيات الوقود الأحفوري والطاقة النووية وكفاءة الطاقة والطاقات المتجددة. ويتلقى التعاون في مجال الانشطار والاندماج النووي ما يقارب 60٪ من هذا الدعم الأمريكي الدولي لتقنيات الطاقة منذ عام 1997. بينما تقل حصة دعم تقنيات كفاءة الطاقة وتبني الطاقات المتجددة بمقدار عشرين بالمئة من هذا الدعم.

برغم سلم الأولويات المشوه هذا، ساهمت الحكومة والمؤسسات الأمريكية الأخرى في كثير من قصص النجاح في مجال الطاقة النظيفة. على سبيل المثال، قدمت الحكومة الأمريكية وبعض الصناديق الخيرية التمويل اللازم لفتح مراكز تحسين كفاءة الطاقة في كل من روسيا وأوربا الشرقية، كما تم توضيح ذلك في الفصل الثالث (Chandler et al. 1999, IEA 2001g). وقدمت الولايات المتحدة الأمريكية دعماً قوياً للبرنامج الوطني البرازيلي للحفاظ على الكهرباء، وللمبادرات الناجحة في مجال الطاقة النظيفة لتحسين الكفاءة في عدد من الدول، كالصين والهند والفلبين وتايلاند (Geller 2000, IEA 2001g).

ونظراً لأهمية استخدام الطاقة في العالم بالنسبة إلى الاقتصاد والأمن القومي والبيئة في الولايات المتحدة فقد أوصت هيئة مستشاري الرئيس كلنتون بزيادة التمويل الذي تقدمه الولايات المتحدة للتعاون الدولي في مجال تقنيات الطاقة بحوالي ثلاثة أضعاف (أي ما يعادل 500 مليون دولار سنوياً) على مدى خمس سنوات (PCAST 1999). واقترحت الهيئة أن يخصص معظم هذا التمويل للتعاون الدولي في مجال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقات المتجددة، وأن تزيد من دعمها لبناء القدرات، والابتكارات التقنية في مجال الطاقة وإصلاح قطاع الطاقة في جميع أنحاء العالم، وإصلاح نظام إقراض الطاقة في المؤسسات المالية الدولية، وأوصت الهيئة أيضاً بتأسيس صندوق التعاون الاستراتيجي في مجال الطاقة لتنسيق هذه الجهود.

تعزيز ابتكارات الطاقة النظيفة في الدول النامية

تتمتع الدول النامية ببعض المميزات التي تجعلها مؤهلة لتحتل موقعاً قيادياً في عملية التحول نحو مستقبل تسود فيه الطاقة النظيفة، ويعود ذلك إلى أسباب متعددة: وفرة مصادر الطاقة المتجددة، وفرص ترشيد الطاقة، إضافة إلى أن قطاع المواصلات والبناء والبنية التحتية لقطاع الطاقة حديثا العهد، وهناك معدلات نمو عالية في إنتاج واستهلاك الطاقة والنشاطات التي تعتمد عليها بشكل كبير (Reddy, Williams, and Johnson 1997). ومع تطور البلدان النامية من النواحي الاقتصادية والاجتماعية هناك إمكانية لتحقيق قفزة نوعية لتجاوز هذا النموذج السائد في الدول الصناعية الذي يعتمد على استخدام الوقود الأحفوري بكفاءة متدنية، مع ما يتسبب به من آثار سلبية على البيئة من خلال عمليات إنتاج واستخدام الطاقة (Goldemberg 1999).

من الأمثلة الناجحة في هذا المجال برنامج الإيثانول البرازيلي المذكور في الفصل الرابع الذي يبين التقدم النوعي الذي يمكن أن تحققه الدول النامية. لقد تكلل هذا البرنامج بالنجاح لاعتماده على القاعدة الصلبة لصناعة السكر، وعلى القطاع الخاص لإنتاج الوقود، وعزز البرنامج التقدم المستمر التقني والزراعي، إضافة إلى أن البرنامج تلقى دعماً قوياً من الحكومة. هناك كثير من الفرص في الدول النامية لتحقيق نقلات نوعية مشابهة مثل توزيع تقنيات الطاقة المتجددة لكهربة المناطق الريفية، واستخدام منشآت الغاز الحيوي لإنتاج وقود الطهو، وتبني استخدام الغاز الطبيعي المضغوط، وإدخال السيارات الكهربائية والعاملة على خلايا الوقود واستخدام العمليات الإنتاجية ذات الكفاءة العالية والأقل ضرراً للبيئة في تطور القطاع الصناعي. ويمكن للدول النامية مثلاً

أن تتبنى التقنيات النظيفة والأكثر تطوراً لإنتاج الفولاذ، مثل أفران القوس الكهربائية ذات الكفاءة العالية، وتنقية المعادن بالصهر، وصب الألواح الرقيقة. في الواقع، ركِّب أول معمل على مبدأ التنقية بالصهر في العالم في كل من كوريا الشمالية وجنوب أفريقيا (Phylipsen et al. 1999).

إن السياسات التي تعزز الابتكار في مجال تقنيات الطاقة والريادة في الدول النامية تتلخص في: 1) البحث والتطوير والتوعية في مجال إمدادات الطاقة النظيفة والتقنيات المبتكرة لدى المستخدم النهائي في الدول النامية. 2) تطوير صناعات جديدة وإدخال التقنيات الحديثة عبر الشراكات على المستوى الدولي وآليات نقل التقنيات الأخرى. 3) تبني وتطبيق معايير لتحسين كفاءة الطاقة وأخرى للبيئة بحيث تكون البنية التحتية الجديدة تتوافق وآخر ما توصل إليه في هذا المجال. 4) تقديم مساعدات مالية مجزية لتطوير السوق للمقاولين العاملين في مجال الطاقة النظيفة تشمل الشركات الصغيرة والأصغر (Goldemberg 1998, Karekezi 2002b).

تلعب عملية نقل التقانة بين الدول الصناعية والدول النامية دوراً أساسياً في تطور الطاقة النظيفة في العالم، ومن المهم ملاحظة أن استثمارات الشركات الخاصة تمثل جزءاً كبيراً ومتنامياً من التدفقات المالية الإجمالية في الدول النامية. وشكلت مساعدات التنمية الرسمية حوالي 15٪ فقط من مجمل التدفقات المالية الصافية عام 1997 مقارنة بـ 43٪ عام 1990. وبلغت قيمة مساعدات التنمية حوالي 48 مليار دولار عام 1997، واستحوذ التعاون الفني على نحو 13 مليار دولار. بالمقارنة، بلغت استثمارات الشركات الخاصة في الدول النامية حوالي 110 مليارات دولار عام 1997 (Goldemberg 1999).

دعمت استثمارات القطاع الخاص في قطاع الطاقة في الدول النامية والدول المتحولة من الشيوعية عملية التحديث وتخفيض كثافة الطاقة الإجمالية إلى حد ما. على سبيل المثال، فتحت الصين أبواب قطاع توليد الطاقة أمام الاستثمارات الأجنبية في بداية عام 1990، ونتج عن ذلك بناء حوالي 20 مشروعاً لتوليد الطاقة، منها ما دخل العمل الفعلي ومنها ما

كان قيد الإنجاز في مجال إمدادات الطاقة 1997. وتتمتع هذه المشاريع بكفاءة أعلى بكثير من محطات الطاقة النموذجية العاملة في الصين (Blackman and Wu 1999). ويعمل خمس هذه المحطات وفق أنظمة التوليد المشترك للطاقة والحرارة باستخدام الدارة المركبة. والجدير بالملاحظة في الدول النامية أن هناك علاقة بين ازدياد الاستثمارات الأجنبية وانخفاض كثافة الطاقة خلال الخمسة عشر عاماً الماضية (Mielnik and Goldemberg 2002).

بالنظر إلى الأهمية المتعاظمة لاستثمارات القطاع الخاص في الدول النامية، فإن من الاستراتيجيات الفعالة لنشر تقنيات الطاقة النظيفة، تشجيع المشاريع المشتركة ومنح التراخيص. فقد أسس صانعو التربينات الرياحية في الدنمارك على سبيل المثال مشاريع مشتركة ناجحة مع الهند. وأسست شركة شل سولار وشركة إسكوم ESKOM (وهي شركة طاقة مملوكة من الحكومة في جنوب أفريقيا) مشروعاً مشتركاً لتجميع وتسويق وتقديم خدمات الأنظمة الكهرضوئية المنفصلة عن الشبكة في جنوب أفريقيا. وبالنسبة إلى أفران تنقية الفولاذ بالصهر التي بُنيت في جنوب أفريقيا وكوريا الجنوبية، فقد اشتُرِيت هذه التقنيات من منتجين متخصصين في الدول الصناعية (de Beer, Worrell, and Blok 1998). وتسهل عملية حماية الحقوق الفكرية تدفق تقنيات الطاقة المبتكرة إلى الدول النامية (Goldemberg 1998, PCAST 1999).

تساعد المشاريع المشتركة ومنح التراخيص الدول النامية في سرعة حصولها على آخر ما توصِّل إليه في المجال التقني، حيث يمكن لبعض التقنيات أن تصنع وتجمع وتسوق محلياً من خلال هذه المشاريع أو التراخيص. وسيحدث توفير عدد كبير من فرص العمل نتيجة التصنيع والتسويق المحليين، وهو ما سيؤدي إلى خفض في الكلفة. وبرغم ضرورة استيراد المكونات الرئيسية في البداية، فإن نمو السوق يترافق مع زيادة الاعتماد على الإمكانيات المحلية في التصنيع. وعلى سبيل المثال، فإن المشروع المشترك بين شل سولار وإسكوم تضمن تصنيع الألواح الشمسية في أوربا، على أن تصنع وتجمع بقية النظام في جنوب أفريقيا، ويمكن للحكومة أن تأخذ دورها في دعم المشاريع المشتركة والتراخيص لتقنيات الطاقة المستدامة بتأمين التمويل والحوافز الضريبية ومساندة نمو السوق.

من الأهمية بمكان حينما تؤسس تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في الدول النامية، أن تحدث عملية توازن بين زيادة المبيعات إلى الحد الأقصى، وتلبية حاجات الشرائح الفقيرة في المجتمع. وتحدث عملية نمو السوق بسرعة من خلال تقديم الخدمات لقطاع الأعمال والشرائح الثرية في المجتمع، كما توضح لنا ذلك في مشاريع الأنظمة الكهرضوئية في الهند وفي أمكنة أخرى في العالم (Miller and Hope 2000). وقد يبدو من المعقول تلبية متطلبات هذه الأسواق لبناء القدرات الإنتاجية والخدمية المحلية، لكن يجب ألا يكون ذلك نهاية المطاف، وإنما يجب تأمين خدمات الطاقة الحديثة وذات الكفاءة العالية للعائلات الفقيرة وفي الأرياف، وهذا سيؤدي إلى نتائج إيجابية كبيرة على الصعيد الاجتماعي (الإطار 7-2).

تهدف الاستراتيجيات الموضوعة لتلبية حاجات المجتمعات الريفية ذات الدخول المتدنية إلى تطوير البنى التحتية وتقديم تمويل محدود ودعم للأسعار موجه للعائلات الريفية وزيادة مشاركة المجتمعات المحلية، وبالأخص النساء، في إعداد هذا البرنامج ومن ثم تنفيذه (Goldemberg 2000, Martinot et al. 2002).

الإطار (7-2)

الطاقة والقضايا الاجتماعية في الدول النامية

هناك ارتباط قوي بين إنتاج الطاقة واستخدامها من جهة والظروف الاجتماعية من جهة أخرى. ببساطة يساهم نقص مصادر الطاقة الحديثة في نشر الفقر وتدهور الصحة والتعليم وانتشار البطالة وارتفاع معدلات النمو السكاني. من ناحية ثانية، إن تأمين مصادر الطاقة النظيفة وذات الكفاءة العالية في الأرياف يؤدي إلى مجموعة من المكاسب الإيجابية منها:

- تخفيض عبء العمل الناتج عن جمع الوقود الخشبي، والماء، وتقليل الحاجة للعامل البشري في الزراعة.
- تحسين الفرص التعليمية بتخفيض الحاجة لعمل الأطفال، وتأمين الكهرباء للإنارة والاتصالات والخدمات الأخرى.
- تحسين الصحة العامة، وبشكل خاص للمرأة والأطفال، بتخفيض الحاجة للعمل الشاق جداً، وتحسين مواصفات الهواء داخل المنازل وخارجها، وتحسين مواصفات الماء والصرف الصحي.
- خلق فرص العمل في قطاعي كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، إضافة إلى المجالات الأخرى.
- تخفيض معدلات النمو السكاني من خلال رفع المستوى التعليمي وتخفيض الحاجة لعمل الأطفال.

- لذلك يجب إعطاء الأولوية العالية أثناء التخطيط الاقتصادي والاجتماعي على المستوى الإقليمي لمجموعة من القضايا، منها تأمين الوقود والكهرباء من مصادر متجددة، وتطوير مواقد طهو الطعام، ومكننة عملية ضخ المياه، واستخدام المكننة الزراعية، وليس فقط للتخطيط الطاقي.

وبشكل مشابه، يجب أن تراعي برامج وسياسات الطاقة تلبية حاجات العائلات ذات الدخول المتدنية، سواء في المناطق الحضرية أو الريفية، وهذا يعني فتح المجال أمام العائلات الفقيرة للوصول إلى أجهزة الطاقة المتجددة، والأنظمة ذات الكفاءة العالية في الإنارة والتجهيزات المنزلية والمعيشية والنقل (Karekezi 2002b).

يتم عادة تجاهل حاجات وقدرات المرأة في عملية تحسين كفاءة الطاقة ونشر الطاقات المتجددة، وتشجيع استخدام نظم نقل أكثر استدامة. وتتحمل المرأة في الدول النامية مسؤولية إعداد الطعام وجمع الوقود التقليدي لطهو الطعام، إضافة إلى المهام المنزلية والزراعية الأخرى (Misana and Karlsson 2001)، ويؤدي تفعيل مشاركة المرأة في وضع سياسات وبرامج الطاقة وتنفيذها إلى تعزيز تطور الطاقة المستدامة والتخفيف من حدة الفقر وتحقيق المساواة (Cecelski 1995, Shailaja 2000).

إن التركيز على المرأة في تطوير الطاقة في الأرياف يمكن أن يعزز من فرص تحسين الدخل من خلال مؤسسات الطاقة، ويؤمن الكهرباء أو الطاقة الميكانيكية لصناعات الأكواخ، أو تحسين الكفاءة والإنتاجية لمنشآت معالجة الطعام. على سبيل المثال، قامت المرأة في معظم الدول الأفريقية بدور ريادي في استخدام مواقد الطهو المحسنة والناجحة، وتطوير الطاقة الحيوية ومبادرات معالجة الطعام ذات الكفاءة العالية في استخدام الطاقة (Misana and Karlsson 2001). إضافة إلى ذلك تؤدي المرأة دوراً قيادياً في إنتاج وبيع تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقات المتجددة في الدول النامية.

المساعدات الثنائية والمؤسسة البيئية العالمية والأمم المتحدة

تدعم معظم الدول الصناعية تطوير ونشر الطاقة النظيفة في الدول النامية عبر برامج المساعدات الثنائية، وهناك أمثلة عديدة قُدِّمت عبرها مساعدات قيمة من خلال هذه البرامج (انظر الإطار 7-2 لأمثلة توضح مساهمة الولايات المتحدة في هذه البرامج). وهناك أمثلة أخرى من أماكن متفرقة من العالم، منها دعم السويد لتطوير الطاقة الحيوية وأنظمة التوليد وفق الدارة المركبة في دول البلطيق، وكذلك قدمت ألمانيا الدعم للاستغلال التجاري للأنظمة الكهرضوئية في كينيا، ودعمت الدنمارك نشر طاقة الرياح في الهند وفي الدول النامية الأخرى (GEF 2001a, IEA 2001g).

بطبيعة الحال، ليست كل برامج المساعدة الثنائية مجدية، فكثير من هذه المشاريع ذات أهداف سياسية، ويخطط لها وتدار من قبل خبراء أجانب، أو ببساطة تركَّب هذه التقنيات ويروَّج لها من الدول المانحة (PCAST 1999). إن التمييز بين مساعدات التنمية وترويج

الصادرات غير واضح، ويقوّض هذا التوجه الجهود المبذولة ضمن إطار دعم بناء القـدرات المحلية، وإنشاء أسواق محلية نشطة لتقنيات الطاقة النظيفة في الدول النامية (GEF 2001a).

من المهم رعاية قطاع الأعمال المحلي كجزء من مشاريع الدعم التي تقدمها الدول المانحة في مجال تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة. على سبيل المثال، في زيمبابوي تجاوز برنامج المساعدة للأنظمة الكهرضوئية الذي تبلغ قيمته 7 ملايـين دولار، والهـدف الموضـوع لـه هـو تركيب 10000 نظام خلال المدة 1993–1997، لكن البرنامج فـشل في بنـاء شـبكة أو سـوق إمداد بالأنظمة الكهرضوئية مدعومة ذاتياً في هذا البلد. في الحقيقة، أدى البرنامج إلى تشوهات في السوق، وألحق الضرر ببعض الأقسام من قطاع صناعات الطاقة المتجددة الناشئة والعاملـة في زيمبابوي قبل البدء في المشروع (Mulugetta, Nhete and Jackson 2000). لسوء الحظ، ركز كثير من مشاريع المساعدة في مجال الطاقة على النواحي الكمية أكثـر مـن تـأمين الظـروف المناسبة لتكرار هذه المشاريع وتوسع السوق (Martinot et al. 2000).

يجب أن تستفيد الوكالات المانحة والحكومات المحلية من هذه الـدروس. ويجـب أن تعد البرامج المدعومة من الجهات المانحة بعناية، ووفق الحاجات التقنية المحلية والظروف الاجتماعية والاقتصادية والمؤسساتية، ويجب أن يساهم دعم الجهات المانحة في استراتيجية طويلة المدى لبناء سوق مستدامة لتقنيات الطاقة النظيفة في الدول النامية (Martinat et al 2002)، ويجب على الدول النامية أن تصر على هذه الشروط أثناء عمليات التفـاوض عـلى هذه المشاريع مع الممولين المحتملين.

أنشئت المؤسسة البيئية العالمية بتمويل من الدول الصناعية لمساعدة الدول الناميـة في تنفيذ معاهدات البيئة العالمية. ففي حقل التغييرات المناخيـة، سـاهمت المؤسـسة في تمويـل المشاريع الموجهة نحو إزالـة العقبـات في وجـه تحـسين كفـاءة الطاقـة واسـتخدام الطاقـة المتجددة، ولتخفيض كلف تقنيات الطاقة النظيفة على المدى الطويل، وتـشجيع اسـتخدام أنظمة النقل المستدامة. وتنفذ مشاريع المؤسسة من قبـل البنـك الـدولي، وبرنـامج الأمـم

المتحدة الإنمائي، وبرنامج الأمم المتحدة البيئي. وقد خصصت الوكالة أكثر من مليار دولار لما يناهز 270 مشروعاً يتعلق كل منها بالتغيرات المناخية خلال 1991-1999 (GEF 2001b). وتساعد بعض مشاريع المؤسسة في الحصول على قروض كبيرة من البنك الدولي من أجل تحسين كفاءة الطاقة ونشر الطاقة المتجددة (الجدول 7-2).

الجدول (7-2)

قائمة تضم بعض المشاريع في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة التي تمولها المؤسسة البيئية العالمية والبنك الدولي

البلد	نوع المشروع	تمويل المؤسسة البيئية العالمية (مليون دولار)	تمويل البنك الدولي (مليون دولار)
الأرجنتين	تقنيات الطاقة المتجددة	10	30
البرازيل	تحسين كفاءة الطاقة	15	43
كيب فرد	تقنيات الطاقة المتجددة	5	18
الصين	الأنظمة الشمسية في المنازل	35	100
الصين	شركات خدمات الطاقة	22	63
الهند	تقنيات الطاقة المتجددة	26	190
الهند	تحسين كفاءة الطاقة	5	170
إندونيسيا	الأنظمة الشمسية في المنازل	24	20
موريشيوس	الطاقة الحيوية	3	15
الفلبين	الطاقة الحرارية لجوف الأرض	30	227
سريلانكا	تقنيات الطاقة المتجددة	6	24

المصدر: Martinot 2001, Martinot and McDoom 2000.

تتعاون المؤسسة البيئية العالمية أيضاً مع مؤسسة التمويل الدولية International Finance Corporation لدعم قطاع أعمال الطاقة المتجددة وتنمية السوق في عدد من الدول النامية (GEF 2001a). وكان للمؤسسة البيئية العالمية دور مهم في نجاح الكثير من مبادرات الطاقة النظيفة (Birner and Martinot 2002, GEF 2001b, Martinot and McDoom 2000) نذكر منها:

- تمويل مشاريع الطاقة المتجددة وتطوير السوق من خلال الوكالة الهندية لتنمية الطاقة المتجددة في الهند.
- تطوير برامج تحسين الكفاءة والبنية التحتية في الصين والمجر وتايلاند.
- تطوير برامج الطاقة المتجددة في الصين والهند وفيتنام وأمريكا الوسطى وأجزاء من أفريقيا.
- إطلاق أنظمة الإنارة ذات الكفاءة العالية وتنمية السوق في المكسيك وتايلاند وبولندا.
- تبني معايير كفاءة الطاقة في الصين وتايلاند وغرب أفريقيا.
- إصلاح قطاع مؤسسات الطاقة، وهو ما يمكّن مطوري الطاقة المتجددة من بيع الطاقة للشبكة العامة في موريشيوس وسريلانكا.

تنتهج المؤسسة البيئية العالمية سياسة العزوف عن تمويل المشاريع المتفرقة ذات الطابع التقني، وتزيد من دعمها للجهود المتعددة الأوجه المكرسة للتغلب على العقبات المتأصلة في السوق، وتأسيس أسواق مستدامة ذاتياً في مجال تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة في الدول النامية (Birner and Martinot 2002). ويمكن أن تزيد المؤسسة البيئية العالمية فاعليتها من خلال تقديم تمويل إضافي لإجراء تغيرات هيكلية في السوق؛ تشمل: إصلاح السوق، وبناء القدرات في القطاعين العام والخاص، وبالتالي تخصيص تمويل أقل لتنفيذ تقنيات محددة (IPCC 2000). وضمن هذا الإطار تحتاج الهيئة وممولوها

إلى الصبر، لأن عملية بناء القدرات والمؤسسات لا يمكن أن تعطي نتائج فورية فيما يتعلق بتركيب تجهيزات تحسين الكفاءة والطاقة المتجددة، ويجب على الدول النامية أن تمتلك الإرادة لدعم هذا النهج الموجه للسوق ليحقق النجاح.

يدعم عدد من منظمات الأمم المتحدة مبادرات الطاقة المستدامة في الدول النامية، حيث يشجع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي سياسات الطاقة المبتكرة، ويموِّل عملية بناء القدرات ونشاطات التدريب، ودراسات الجدوى الاقتصادية. وتهدف هذه الجهود أساساً إلى تعزيز نمو البشرية من خلال تحسين كفاءة الطاقة، واستخدام الطاقة المتجددة، وإطلاق تقنيات الطاقة الحديثة والنظيفة الأخرى (UNDP 2001).

يستضيف برنامج الأمم المتحدة للبيئة مركزاً للتعاون في مجال الطاقة والبيئة يهتم بمساعدة الدول النامية في تكامل اهتماماتها البيئية مع وضع السياسات والتخطيط للطاقة، ويكون ذلك بإجراء الدراسات ودعم الأبحاث التي تنفذها المعاهد المحلية، والتنسيق بين المشاريع، ونشر المعلومات (UCCEE 2001). ويقوم كل من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بتطوير وتنفيذ مشاريع لصالح المؤسسة البيئية العالمية. إضافة إلى ذلك تدعم منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية تحسين كفاءة الطاقة في الصناعة، وتقوم منظمة الأمم المتحدة للغذاء والزراعة بمعالجة قضايا الطاقة في المناطق الريفية في الدول النامية كجزء من التزاماتها.

بنوك التنمية المتعددة الأطراف

يعتبر البنك الدولي وبنوك التنمية الإقليمية (المعروفة ببنوك التنمية المتعددة الأطراف) من الجهات الهامة في مجال تقديم القروض لمشاريع الطاقة في الدول النامية والمتحولة على حد سواء.[2] إلى ذلك، بإمكان الدول المقترضة أن تحصل على قروض إضافية بشروط ميسرة حالما يوافق البنك الدولي أو بنوك التنمية الإقليمية على المشروع. إن معظم القروض المخصصة

لقطاع الطاقة من قبل بنوك التنمية الإقليمية ذهبت في الماضي إلى المشاريع الضخمة للطاقة الكهرمائية والطاقة الأحفورية ومشاريع البنية التحتية للطاقة، وكانت حصة مشاريع تحسين الكفاءة ذات السعات الكهربائية الصغيرة ضئيلة جداً. على سبيل المثال، لم يذهب أكثر من ثلث الواحد في المئة مما قدمه البنك الدولي من قروض إلى مشاريع تحسين كفاءة الطاقة الكهربائية خلال أعوام 1992–1996، بغض النظر عن الإمكانات الهائلة في الدول النامية لتوفير الكهرباء وبكلفة أقل من الإمداد بها (Strickland and sturm 1998).

بدأت بنوك التنمية في الفترة الأخيرة تنحو منحى آخر باتجاه تعديل هذا الوضع، فقد أشار البنك الدولي إلى أنه وافق على قروض بقيمة 1.2 مليار دولار خلال المدة 1994–1998 لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة لدى المستخدم النهائي، وتحسين أداء أنظمة التدفئة المناطقية، ومشاريع أخرى للطاقة المتجددة غير التقليدية، وهذا يعادل 7٪ من مجمل القروض التي منحها البنك الدولي خلال هذه السنوات (World Bank 1998). لقد وافق البنك الدولي على 17 مشروعاً تشمل الطاقة المتجددة، بقيمة إجمالية تصل إلى 700 مليون دولار خلال 1992–1999، وساهمت المؤسسة البيئية العالمية بحوالي 230 مليون دولار على شكل هبات لهذه المشاريع (الجدول 7–2).

ومما لا شك فيه أن هذه النزعة إيجابية، لكن يمكن للبنك الدولي والجهات المانحة المتعددة الأخرى أن تفعل الكثير لتسهيل حدوث ثورة الطاقة في الدول النامية. ومع نمو السوق والقدرة على استخدام تقنيات الطاقة المستدامة في الدول النامية، فإنه من الممكن لبنوك التنمية المتعددة الأطراف التوقف التدريجي عن تمويل مشاريع الطاقة التقليدية، والانتقال لتوجيه مصادرها كلها لمشاريع تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والغاز الطبيعي. ويمكن للدول النامية في حال تفضيلها لمشاريع الطاقة التقليدية أن تحصل على التمويل اللازم من المصارف التجارية أو من مصادر التمويل الأخرى.

ولتسهيل عملية التحول في توجه الإقراض هذا، فإن ذلك يستلزم من بنوك التنمية المتعددة الأطراف أن تزيد من قدرتها وخبرتها الخاصة في مجال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة

والطاقة المتجددة (Martinot 2001). ويعتبر البرنامج الآسيوي للطاقة البديلة الذي أنشأه البنك الدولي نموذجاً يحتذى به، وكان الهدف الأساس منه تعزيز مشاريع تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة ضمن إطار ما يقدمه البنك الدولي من قروض لآسيا في مجال الطاقة. وقدّم 18 قرضاً لتمويل مشاريع تحسين كفاءة الطاقة أو استخدام الطاقة المتجددة لإحدى عشرة دولة آسيوية خلال المدة 1993-2000، وترافق ذلك مع هبات من المؤسسة البيئية العالمية أو الجهات المانحة الثنائية، تخصص للتدريب، وبناء القدرات، ونمو الأسواق (World Bank 2000). ويتوقع أن تحل هذه المشاريع محل 1.5 جيجاواط من الطاقة الناتجة عن الوقود الأحفوري عبر استثمارات إجمالية تعادل 3.8 مليارات دولار في مجال تقنيات تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة.

معاهدة المناخ

تبنت 150 دولة في العالم في "قمة الأرض" التي عقدت في مدينة ريو دي جانيرو عام 1992 ما يسمى الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة حول التغير المناخي، وحظيت بمصادقة الولايات المتحدة الأمريكية والدول الأخرى، ودخلت موضع التطبيق الفعلي عام 1994. إن الهدف النهائي لهذه الاتفاقية هو استقرار تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي ضمن حدود تقي العالم أي انعكاسات خطيرة على مناخه. لقد وضعت الاتفاقية القواعد التي يجب على الدول الصناعية العمل بها لتكون سباقة في مجال تخفيض الانبعاثات، وبخاصة أنها تقف وراء غالبية الانبعاثات التي حدثت سابقاً، وللحد من هذه الظاهرة والتكيف معها يجب أن تساهم هذه الدول في تأمين التمويل اللازم لنقل التقنيات للدول الأكثر فقراً.

تضمنت معاهدة التغيرات المناخية شروطاً غير ملزمة، طالبت بأن تقوم الدول الصناعية بموجبها بمحاولة تخفيض مستوى الانبعاثات إلى المستوى الذي كان سائداً عام 1990 بحلول عام 2000. وتمخضت هذه الشروط عن مبادرات عديدة قامت بها الدول

الصناعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجـددة، والتحـول نحـو الغـاز الطبيعي خلال عقد التسعينيات (يمكن الرجوع إلى الأمثلة التي تطرقنا إليهـا في الفـصلين الثالث والرابع، واستعراض تجارب الدول التالية في هذا المجال: الدنمارك، ألمانيا، اليابـان، هولندا، إسبانيا، المملكة المتحـدة، الولايـات المتحـدة). غـير أن معظـم الـدول الغربيـة لم تتمكن من الإيفاء بالتزاماتها حسب الاتفاقية (الجدول 7-3).

الجدول (7-3)

انبعاثات غازات الدفيئة في الدول الصناعية وأهداف بروتوكول كيوتو

الدولة	مستوى انبعاثات غازات الدفيئة[1] (مليون طن متري مكافئ ثاني أكسيد الكربون)	نسبة التغير بالمئة 90-1998	هدف بروتوكول كيوتو (نسبة التغير بالمئة لعام 1990)
أستراليا	423	14.5	8.0
النمسا	75	6.5	13.0–
بلجيكا	136	6.5	7.5–
بلغاريا	157	46.3–	8.0–
كندا	611	13.2	6.0–
جمهورية التشيك	190	22.2–	8.0–
الدنمارك	70	9.5	21.0–
فنلندا	75	1.5	0.0
فرنسا	554	0.9	0.0
ألمانيا	1209	15.6–	21.0–
اليونان	105	18.1	25.0
المجر	102	17.7–	6.0–
أيرلندا	53	19.1	13.0–
إيطاليا	519	4.4	6.5–
اليابان	1175	9.4	6.0–

الدولة	مستوى انبعاثات غازات الدفيئة[أ] (مليون طن متري مكافئ ثاني أكسيد الكربون)	نسبة التغير بالمئة 90-1998	هدف بروتوكول كيوتو (نسبة التغير بالمئة لعام 1990)
هولندا	218	8.4	6.0-
النرويج	52	7.7	1.0
بولندا	564	28.7-	6.0-
البرتغال	64	17.2	27.0
رومانيا	229	28.5-	8.0-
روسيا	2999	29.6-	0.0
إسبانيا	306	21.0	15.0
السويد	69	6.4	4.0
سويسرا	53	1.3	8.0-
أوكرانيا	919	50.5-	0.0
المملكة المتحدة	741	8.3-	12.5-
الولايات المتحدة	6049	11.2	7.0-

ملاحظات: (أ) تشمل غازات الدفيئة، غاز ثاني أكسيد الكربون، الميثان، N_2O, HFCs, PFCs, SF6
استناداً إلى IPCC Global Warming Potentials
المصدر: IEA 2000d

لقد ارتفعت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون التي تتسبب بها مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية كمجموعة واحدة بنسبة 10٪ خلال السنوات 1990–1999 (EIA 2001)، وفي المقابل، انخفضت الانبعاثات في دول أوربا الشرقية والاتحاد السوفيتي السابق بنسبة 39٪ خلال 1990–1999، والسبب الرئيسي في ذلك يعود إلى الانكماش الاقتصادي الشديد الذي أصاب هذه الدول عقب انهيار الشيوعية فيها. وبحلول عام 2000 تمكنت ما يسمى بدول مجموعة الملحق 1 (وتشمل 38 دولة صناعية) بوصفها وحدة كاملة، من الوصول بانبعاثات غازات الدفيئة تقريباً إلى المستوى السائد عام 1990 (EIA EIA 2001b).

ومؤشراً إلى تصاعد الآثار المدمرة المحتملة لظاهرة الدفيئة في التسعينيات من القرن الماضي، اجتمعت الدول للتفاوض حول بروتوكول كيوتو ومعاهدة التغيرات المناخية. وضع بروتوكول كيوتو أهدافاً قوية وملزمة لتخفيض الانبعاثات لمجموعة دول الملحق 1 على أن تبدأ فترة التنفيذ اعتباراً من عام 2008 وحتى 2012، وكانت نسبة التخفيض المطلوبة لكل الدول الأعضاء في هذه المجموعة هي 5.2٪ من المستوى السائد عام 1990 مع بعض التغيرات حسب البلد والإقليم (الجدول 7-3). إذا أخذنا بالاعتبار أن الانبعاثات في مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية تتجاوز كثيراً المستوى السائد عام 1990 وتميل إلى الارتفاع في هذه الدول كمجموعة كاملة، فإن المصادقة على بروتوكول كيوتو وتطبيقه يؤديان دونما شك إلى تحفيز جهود تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة.

أشارت الإدارة الأمريكية بداية عام 2001 إلى أنها لن تصادق على بروتوكول كيوتو برغم أنها تسببت في حوالي 30٪ من مجمل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون العالمية في الماضي، وحالياً تسبب ما يعادل 25٪ منها. عقب ذلك أصدرت إدارة الرئيس بوش خطة الطاقة القومية التي تزيد بشكل كبير من اعتماد الولايات المتحدة على الوقود الأحفوري، وبالتالي من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (NEPDG 2001). ثم أعلنت الإدارة الأمريكية استراتيجيتها البديلة لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وذلك في مطلع عام 2002، وكانت هذه الاستراتيجية مجرد مناشدات أخرى لاتخاذ إجراءات طوعية، وجوبهت بالنقد على نطاق واسع، واعتبرت أنها تحسن طفيف على النهج الحالي (Gardiner and Jacobson 2002, Krugman 2002).

إن عدم مصادقة إدارة الرئيس بوش على بروتوكول كيوتو تثير الشكوك حول مستقبله، وإن كان يمكن لهذه المعاهدة أن تدخل موضع التنفيذ في حال صادقت عليها على الأقل 55 دولة مسؤولة عن 55٪ من مجمل الغازات المسببة لظاهرة الدفيئة الناتجة عن الدول الصناعية عام 1990. وقد انتهى وضع التعليمات التنفيذية للبروتوكول عام 2001. والأكثر من ذلك أن المعاهدة تلقت دعماً كبيراً من الدول الصناعية باستثناء الولايات

المتحدة أثناء هذه العملية. وصادق الاتحاد الأوربي واليابان على المعاهدة أواسط عام 2002، ما يعني أن البروتوكول يمكن أن يدخل حيز التنفيذ من دون الولايات المتحدة إذا ما صادقت روسيا عليه (Claussen 2002). هذا، وقد أعلنت روسيا عن نيتها المصادقة على المعاهدة في قمة الأرض للتنمية المستدامة التي عقدت في آب/ أغسطس 2002.*

يتضمن بروتوكول كيوتو مجموعة مما تمكن تسميتها بالآليات المرنة، والتي يمكن استخدامها لتخفيض كلفة التوافق وتحفيز الاستثمارات في تقنيات الطاقة النظيفة في الدول النامية وفي الدول ذات الاقتصاديات المتحولة. ويكمن الهدف الرئيسي من هذه الآليات في تحقيق التخفيضات المطلوبة في الغازات المسببة لظاهرة الدفيئة بأقل كلفة إجمالية ممكنة، لكن من جهة أخرى فإن هذه الآليات المرنة قد تقلل من الفعالية البيئية للبروتوكول، وذلك بسبب ما تمكن تسميته تعويضات أو علاوات تجارة الهواء الحار، وسيتم شرحها في القسم التالي (Agarwal 1999, den Elzen and de Moor 2001).

التنفيذ المشترك

يسمح البند السادس من بروتوكول كيوتو باللجوء إلى التنفيذ المشترك بين دول الملحق 1، وهي الدول التي لديها حدود ثابتة للانبعاثات بحسب بروتوكول كيوتو. ويسمح هذا البند للأطراف المستثمرة في مثل هذه المشاريع تلقي أرصدة قابلة للتحويل مقابل تخفيض الانبعاثات، بحيث تحسَم هذه الأرصدة المتحققة عن تخفيض الانبعاثات من المجموع الكلي لأرصدة الدول التي تبيع هذه الأرصدة. لقد أدى هذا الشرط بالدول الغربية للاستثمار وتلقي أرصدة انبعاثات من مشاريع تحسين كفاءة الطاقة في دول أوربا الشرقية والاتحاد السوفيتي السابق (Petkova and Baumert 2000). لكن بإمكان الدول الغربية أن تشتري فائض أرصدة الانبعاثات من دول الاقتصاديات المتحولة بسبب الانكماش الاقتصادي الذي تعانيه هذه الدول منذ عام 1990 (يعرف هذا بتجارة الهواء الحار hot air trading).

* صدقت روسيا عليها فعلاً عام 2004. (المحرر)

يمكن للتنفيذ المشترك أن يحفز مشاريع تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في الدول ذات الاقتصاديات المتحولة، ولكن ليس معلوماً بعد الحجم الكلي لنشاطات التنفيذ المشترك الحقيقية، وما تأثيرها الإجمالي في تطور الطاقة النظيفة وكفاءة الطاقة في هذه الدول. تعاني هذه الدول هدراً كبيراً للطاقة وعلى نطاق واسع، وفي نفس الوقت تتميز إجراءات تحسين كفاءة الطاقة بفاعلية كلفتها العالية. وبينما تنفذ التحسينات في مجال كفاءة الطاقة في المصانع والأبنية في دول أوربا الشرقية والاتحاد السوفيتي السابق (Chandler et al. 1999)، ليس من الواضح إن كان لسياسة التنفيذ المشترك تأثير كبير في هذه النزعة الإيجابية.

وضعت الاتفاقية السياسية الموقعة في مدينة بون بألمانيا عام 2001 القواعد الناظمة لعمل سياسة التنفيذ المشترك، فيما إذا جرى العمل ببروتوكول كيوتو ودخل موضع التنفيذ. أولاً: اتفِق في البداية على عدم فرض قيود على تجارة الانبعاثات بما فيها تجارة الهواء الحار، لكن هناك متطلبات نوعية تحدد أن النشاطات المحلية يجب أن تكون عنصراً أساسياً ضمن جهود دول مجموعة الملحق I (den Elzen and de Moor 2001). ثانياً: لا تخضع تخفيضات الانبعاثات من منشآت الطاقة النووية لمشاريع التنفيذ المشترك أو لتجارة الانبعاثات. ثالثاً: لمنع المغالاة في بيع أرصدة الانبعاثات يجب على الدول الاحتفاظ بفائض احتياطي لتعويضات الانبعاثات، وتفرض عليها غرامات في حالة مخالفتها للمعاهدة خلال فترة الالتزام المطلوبة. رابعاً: فتح المجال أمام الحكومات لمراجعة مشاريع التنفيذ المشترك مع جيرانها، ومن ثم المصادقة عليها، وذلك بسبب أنه يجب على الدولة أن تعوض ما صدرته من تخفيضات الانبعاثات، ويبدو منطقياً السماح بمثل هذه المراجعة والمصادقة.

آلية التنمية النظيفة

ينص البند 12 من بروتوكول كيوتو على تأمين آلية التنمية النظيفة، التي تؤدي إلى ضخ المزيد من الاستثمارات الإضافية في مجال تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة والغاز الطبيعي في الدول النامية. وتسمح آلية التنمية النظيفة للدول في أوربا الغربية بتلقي

أرصدة انبعاثات من المشاريع التي تخفض من غازات الدفيئة من دول خارج مجموعة الملحق 1، مادامت هذه المشاريع تدفع نحو الأمام النمو المستدام في البلد المضيف. وبموجب بروتوكول كيوتو فإن نظام آلية التنمية النظيفة يمكن أن يولد أرصدة انبعاثات مجازة قبل فترة الالتزام الأولى (2001-2012) (على خلاف تجارة الانبعاثات الواردة في التنفيذ المشترك، والتي يبدأ العمل بها عام 2008). وحينما يبدأ تنفيذ آليات التنمية النظيفة من المتوقع أن تؤدي إلى جذب استثمارات تقدر بعشرات المليارات من الدولارات لتقنيات الطاقة النظيفة في الدول النامية خلال عشر سنوات (Thorne and LaRovere 1999).

يمكن لآلية التنمية النظيفة أن تعمل بعدة طرق: 1) السماح للمشاريع الثنائية حيث يشارك المستثمرون من دول مجموعة الملحق 1 بشكل مباشر في مشاريع آلية التنمية النظيفة. 2) يعمل المستثمرون من دول مجموعة الملحق 1 من خلال صندوق مركزي للاستثمار في مشاريع متعددة الأطراف وتستخدم في تطوير المشاريع أو 3) من خلال جهود أحادية حيث يقوم البلد المضيف بالإشراف على مشاريع آلية التنمية النظيفة، ثم تسوَّق وحدات الانبعاثات الناتجة. ولتطبيق نظام آلية التنمية النظيفة بشكل جيد، يجب بذل الجهود لاستبعاد المشاريع التي من المحتمل أن تنفذ في ظل غياب نظام أرصدة الانبعاثات الناتجة عن آلية التنمية النظيفة، وإذا لم يؤخذ ذاك بالحسبان فإن أرصدة آلية التنمية النظيفة يمكن أن تؤدي إلى زيادة إضافية في الانبعاثات العالمية (Bernw et al.2000).

تمت عام 2001 الموافقة على فرض بعض القيود على مشاريع آلية التنمية النظيفة: أولاً: استبعاد مشاريع الطاقة النووية. ثانياً: حصر مشاريع عزل الكربون بمشاريع زراعة الغابات خلال مدة الالتزام الأولى. وحُدد سقف لاستخدام أرصدة الانبعاثات من مشاريع عزل الكربون بحوالي 1٪ من انبعاثات سنة الأساس لكل دولة من مجموعة الملحق 1، وتبدو هذه القيود طبيعية بالنظر إلى التعقيدات والشك في ديمومتها وعدم التأكد من الأثر الصافي لمشاريع عزل الكربون في الدول النامية (Tnorne and La Rovere 1999). أسست هيئة تنفيذية لنظام آلية التنمية النظيفة عام 2001 لوضع التفاصيل التشغيلية المتبقية، كإجراءات حساب القواعد الأساسية للمشروع ومتطلبات مراقبته.

تبعات انسحاب الولايات المتحدة الأمريكية

سيكون لانسحاب الولايات المتحدة الأمريكية من بروتوكول كيوتو آثار سلبية عديدة على الجهود الرامية للحد من انبعاثات الغازات المسببة لظاهرة الدفيئة والتعجيل في ثورة الطاقة النظيفة في العالم. أول هذه الآثار تقليل الدافع لتحسين كفاءة الطاقة أو استخدام الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة. والثاني خفض فعالية بروتوكول كيوتو. وقد قدر بعض الدراسات أن الأثر الإجمالي لانسحاب الولايات المتحدة ومرونة الآليات سيفضي إلى تخفيض الانبعاثات لمجموعة الملحق 1 بخلاف الولايات المتحدة بحوالي 130 مليون طن متري سنوياً، أي 3٪ خلال الفترة 2008-2012، مقارنة بخفض سنوي سيصل إلى 755 مليون طن متري 17٪ في حال انضمام الولايات المتحدة (den Elzen and de Moor 2001).

فتح انسحاب الولايات المتحدة الأمريكية من بروتوكول كيوتو الذي ترافق والسماح بتجارة الهواء الحار المجال أمام الدول الغربية الأخرى أن تشتري جزءاً كبيراً من تخفيضات الانبعاثات المطلوبة منها من روسيا ودول أوربا الشرقية خلال مدة الالتزام الأولي، ما لم تتفق هذه الدول طوعياً مع بعضها لوضع حد لتبادل ما يسمى أرصدة الهواء الحار (تجارة الهواء الحار). ومن دون هذه الحدود ستكون الضغوط ضعيفة لتحفيز كفاءة الطاقة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة، وتبني تقنيات خفض الكربون الأخرى في عدة دول غربية مثل اليابان، والدول الأعضاء في مجموعة الملحق 1.

قد يشكل هذا الوضع أيضاً تهديداً لأي تطور ملموس لسوق تجارة الانبعاثات. وتقدر إحدى الدراسات أن سعر أرصدة انبعاثات الكربون في السوق العالمية سينخفض من 36 دولاراً لطن الكربون إلى 9 دولارات للطن بسبب انسحاب الولايات المتحدة، وبسبب قواعد أخرى وضعت للبروتوكول (den Elzen and de Moor 2001). وستتلقى الدول النامية 500 مليون دولار سنوياً فقط من مشاريع آلية التنمية النظيفة خلال مدة الالتزام الأولي حسب هذا التحليل. أضف إلى ذلك أنه من المحتمل أن يكون

التركيز على الأرصدة المنخفضة الكلفة (بمعيار كلفة كل وحدة تم تجنبها من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) إضافة إلى المشاريع ذات الكلفة العملياتية المنخفضة، وهذا يعني عدم توافر تمويل إضافي للتقنيات ذات الحجم المحدود أو للمشاريع الموجهة للأرياف.

برغم أن بروتوكول كيوتو يمكن أن تكون له آثار إيجابية محدودة على البيئة على المدى القصير، فإنه يبقى أفضل من عدمه، وإذا ما سارت الدول الأخرى على طريق تنفيذ بروتوكول كيوتو، وبصرف النظر عن انسحاب الولايات المتحدة منه، فإن ذلك سيزيد من الضغوط على الولايات المتحدة لتتصرف بمسؤولية وتنضم إلى الركب العالمي في الحد من آثار التغيرات المناخية الكارثية. وإذا التزمت الدول الغربية بتحقيق غالبية التخفيضات في الانبعاثات وعلى المستوى المحلي، فإنها ستكون قادرة على إظهار أن الانتقال نحو مستقبل أكثر كفاءة ونظافة للطاقة هو أمر ممكن من دون التسبب في مشكلات اقتصادية كبيرة.

وإذا ما غيّرت الولايات المتحدة الأمريكية موقفها وانخرطت مجدداً في بروتوكول كيوتو، فإن ذلك سيكون له تأثير إيجابي معتدل في الاتجاهات العامة للطاقة العالمية، وذلك على المدى الطويل. وكما أشارت إلى ذلك آيلين كلوسن Eileen Clawssen، رئيس مركز بيو Pew Center للتغير المناخي العالمي: يُعد بروتوكول كيوتو خطوة أولى ضمن مسيرة طويلة نحو عالم أقل اعتماداً على الكربون، ويهدف أساساً إلى خفض الانبعاثات خلال الفترة 2008–2012، ويعتبر هذا التخفيض جزءاً يسيراً فقط من المستوى الذي مافتئ العلماء ينادون به للتخفيف من حدة التغيرات المناخية (Clawssen 2001).

يوجه بروتوكول كيوتو الدول الصناعية نحو الحد من استهلاك الوقود الأحفوري وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، ويضعهم على هذا الطريق، لكن هناك كثيراً مما يجب عمله خلال العقود القادمة لتحقيق انخفاض أكبر على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى المسببة للدفيئة، وتعزيز التطور الاقتصادي والاجتماعي في كافة أنحاء العالم.

تعزيز التعاون الدولي في التقانة والسياسات

تشترك مجموعة واسعة من المؤسسات في التعاون الدولي في مجال الطاقة النظيفة، وتقدم هذه المؤسسات مساهمات كبيرة إلى الابتكارات السياسية وبناء القدرات ونقل التقنيات، لكن هناك بعض القيود المفروضة على مجموعة النشاطات والمؤسسات الحالية.

أولاً: لا يمكن اعتبار وكالة الطاقة الدولية وكالة عالمية حقيقية للطاقة، حيث لا تشترك الدول النامية والدول غير الأعضاء في وضع أهدافها وأولوياتها، لكن يمكن لهذه الدول أن تشترك في تنفيذ الاتفاقيات، باستثناء بعض الدول غير الأعضاء مثل روسيا وكوريا الجنوبية والمكسيك، والتي يتاح لها بالعادة القيام بذلك (IEA 2001h). وفي حين تضع الوكالة في قائمة أهدافها الرئيسية الخمسة تشجيع كفاءة الطاقة، وتبني الطاقة البديلة، فإن هذا لا يعد من مهماتها الأساسية، وغالباً لا تعير اهتماماً للأهداف الأخرى، مثل تنسيق أسواق النفط وضمان القدرة على التجاوب في الحالات الطارئة، وتنبؤات الطاقة. ويبلغ تعداد الكادر الذي يضطلع بمهام الترويج لتحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة عشرة أشخاص مدعومين بميزانية متواضعة نسبياً.

تمتلك الأمم المتحدة كثيراً من برامج الطاقة المتفرقة والمبعثرة في وكالات وهيئات مختلفة، لكن تتصف هذه البرامج بأنها متوسطة الحجم ومكررة، ويتنافس بعضها مع بعض، وليس من وكالة محددة ذات وزن كبير أو تعهد قوي لدفع عملية التحول نحو الطاقة النظيفة إلى الأمام، ونتيجة لذلك في الواقع أصبحت الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة حول التغير المناخي منتدى عالمياً للطاقة، وآلية رئيسية للقرارات المتعلقة ببناء القدرات ونقل التقنيات وتمويل الطاقة النظيفة في مختلف أنحاء العالم، برغم أنها غير عادلة.

تساعد المؤسسة البيئية العالمية الدول النامية في اكتساب وبناء الأسواق المستدامة لتقنيات الطاقة النظيفة، ولكنها تتعرض لانتقادات بسبب هيكليتها وإجراءاتها التشغيلية (Ramakrishna and Young 1997). وتنظر بعض الدول النامية إلى هذه المؤسسة على أنها ترتبط بالبنك الدولي وتقع تحت سيطرته، وترى هذه الدول أنه يجب أن تتمتع المؤسسة

بالاستقلالية أو أن تكون تحت مظلة اتفاقية التغيرات المناخية، إضافة إلى أنه يؤخذ عليها أيضاً أنها لا تعير اهتماماً للنمو الاجتماعي الاقتصادي.

تعتبر المساعدات الثنائية غالباً أداة توظف لخدمة الجهات المانحة، وتنطوي على دوافع سياسية مثل تشجيع صادرات الدول المانحة، أو حتى في اختيار الدول المستفيدة من المساعدات. تتصف المساعدات الثنائية بأنها تفتقر إلى التنسيق بدرجة كبيرة، ولا تتجاوب غالباً مع حاجات الدول النامية. وبسبب هذه المخاوف استُحدثت آليات تمويلية جديدة ومتكاملة مع المؤسسة البيئية العالمية، والمساعدات الثنائية المستمرة لتعزيز نقل التقنيات وخفض غازات الدفيئة والتكيف مع التغيرات المناخية في الدول النامية كجزء من اتفاقية عام 2001 المتعلقة بتنفيذ بروتوكول كيوتو (den Elzen and de Moor 2001).

وباختصار، فإن الجهود الدولية الحالية الداعمة للتحول نحو الطاقة النظيفة في مختلف أنحاء العالم مبعثرة، وتعاني عيوباً متعددة، وليس ثمة على الساحة الدولية أي مؤسسة تتولى تعزيز هذا التحول. ويؤدي توافر عدد كبير من الفاعلين إلى التكرار أو التشويش على الجهود المبذولة. هناك فعلياً عشرات المؤسسات أو البرامج التي تقدم للدول النامية التدريب والمساعدة الفنية والمتعلقة بتقنيات وسياسات الطاقة النظيفة، والتي غالباً ما تربك هذه البلدان وتسبب التشويش لها.[3] وتبين هذه الظروف الحاجة لإنشاء مؤسسة متضامنة جديدة ذات طبيعة عالمية بالفعل، ولها التزام واضح لتعزيز التحول نحو الطاقة النظيفة.

وكالة دولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة

يمكن إنشاء وكالة دولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة لدعم وتعزيز الجهود الرامية لتعزيز كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة في الدول الصناعية والدول النامية على حد سواء. من الأهمية بمكان أن تقوم هذه الوكالة بتسريع خطوات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في كافة أنحاء العالم، بحيث لا تتحول هذه الوكالة إلى مجرد منصة لتقديم الوعظ إلى الدول النامية بينما لا تتقيد هي نفسها بما تعظ به. كذلك، فإن من شأن تنسيق

الجهود على الساحة الدولية والعمل بشكل جماعي إنتاج تقنيات الطاقة النظيفة بالجملة، وبالتالي خفض الكلفة وتحقيق الأهداف المطلوبة فيما يتعلق بالكلفة ومعدلات الانتشار.

تقع مسؤولية تنفيذ السياسات في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وتقنياتها على الدول والأسواق الخاصة. ويمكن للوكالة الدولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة أن تقوم بدور مهم في تعزيز المبادرات على المستوى القومي وعلى مستوى القطاع الخاص، بالتعاون في المجال السياسي والتقني وبناء القدرات وما شاكل ذلك. ويمكن أيضاً لهذه الوكالة أن تصبح منتدى للمناقشة والتفاوض حول قضايا تحسين كفاءة الطاقة وأهداف الطاقة المتجددة في العالم بشكل مستمر.[4] لكن هذا بالطبع لا يغني عن النشاطات على المستويات المحلية والإقليمية. وستتركز نشاطات هذه الوكالة على المجالات التالية:

- تهيئة التقنيات، ومراجعة السياسات، وإعداد قواعد البيانات وفهارس المنتجين، وتقويم المصادر.
- نشر المعلومات وتبادلها.
- تسهيل التعاون في مجال البحث والتطوير والتوعية.
- تقديم المناهج التدريسية، ودعم البرامج التدريبية على المستوى الإقليمي أو القومي.
- توحيد إجراءات الاختبار والتصنيف.
- تشجيع التجارة الدولية واندماج الشركات في مجال الطاقة النظيفة.
- وضع أهداف تطبيقية شاملة لتحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.
- وضع أهداف محددة فيما يخص الكلفة والأداء لكل تقنية من تقنيات الطاقة النظيفة.
- تطوير أنظمة متعددة الأطراف أو متناسقة في مجال الضرائب على الطاقة، والتسعير ومبادرات المشتريات.

- تشجيع المبادرات في مجال التمويل، ودعم المؤسسات المالية الموجودة على الساحة مثل البنك الدولي وبرامج البنوك المتعددة الأطراف الأخرى.
- تقديم المساعدات للحكومات التي تطلب ذلك لتطوير وتحليل أدوات السياسة.
- دعم المراكز والوكالات العاملة في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة على المستويين الإقليمي والقومي.
- الاعتراف بالأعمال الكبيرة في مجال تطوير وانتشار تقنيات الطاقة النظيفة، والتي تقوم بها الحكومات أو الشركات الخاصة أو الهيئات غير الحكومية.
- تطوير أدوات التقويم والنمذجة والتحليل والترويج لها.

إذا ما شُكلت الوكالة الدولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة فإن ذلك سيكون بتضافر وتوحيد جهود عدد كبير من المنظمات الثنائية والمتعددة العاملة في مجال تطوير قطاع الطاقة النظيفة في الوقت الراهن.[5] ويتمثل أحد الخيارات الممكنة في فصل النشاطات المتعلقة بالطاقة النظيفة التي تقوم بها وكالة الطاقة الدولية والأمم المتحدة ومن ثم تجميعها، ويبدو مرغوباً وذا جدوى اقتصادية طيُّ النشاطات التي تقوم بها المؤسسة البيئة العالمية في مجال الطاقة النظيفة وإلحاقها بالوكالة الدولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، إضافة إلى ذلك يمكن أن تعطى الوكالة الجديدة دوراً أساسياً للتعاون في مجال الطاقة النظيفة تحت مظلة الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة حول التغير المناخي. وتُشجَّع الدول على الصعيد الفردي لتخصيص بعض أو كل اعتماداتها المالية المكرسة للمساعدات في مجال الطاقة إلى هذه الوكالة.

من الصعوبة بمكان تصور إنشاء وكالة دولية جديدة للطاقة مرة ثانية، فقد أنشئت الوكالة الدولية للطاقة الذرية أواخر الخمسينيات من القرن الماضي على أساس أنها وكالة دولية ضمن منظومة الأمم المتحدة لدعم الأمان النووي، ومراقبة توزيع الوقود النووي، وتشجّع تطوير الطاقة النووية ونقل التقانة. يبلغ عدد أعضاء الوكالة 128 عضواً وتقدر

ميزانيتها السنوية بنحو 230 مليون دولار، وتقوم بكثير من المهام المقترحة هنا، ولكن بالنسبة للطاقة النووية وليس باتجاه تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (PCAST 1999).

أوصى عديد من اللجان الدولية خلال العشرين عاماً المنصرمة بإنشاء وكالة دولية للطاقة المتجددة، لكن الولايات المتحدة الأمريكية واليابان ودولاً أخرى وقفت في وجه ذلك (Euorosolar 2001). وفي الوقت الحالي يبدو أنه من الممكن تأسيس وكالة دولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة تحت رعاية الاتفاقية الإطارية للتغير المناخي وبروتوكول كيوتو، وبخاصة إذا ما أدى ذلك إلى تضافر وتعزيز الجهود الحالية غير المتكافئة.

يمكن في المرحلة الأولى تأمين التمويل والكادر اللازمين لمثل هذه الوكالة من خلال تجميع بعض الموارد من بعض البرامج التي ذكرت هنا، ويمكن الحصول على تمويل إضافي من الحكومات الوطنية، أو بتخصيص جزء من ضريبة الطاقة أو الكربون التي تفرضها عدة دول صناعية. ويمكن عبر فرض ضريبة كربون صغيرة في مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية تجميع مبالغ كبيرة (تبلغ عائدات ضريبة مقدارها 0.10 دولار على كل طن متري من الكربون حوالي 400 مليون دولار سنوياً). ويمكن أيضاً تمويل هذه الوكالة الجديدة من خلال جزء من الوفورات التي تجنيها الدول نتيجة تخفيض الدعم للوقود الأحفوري التقليدي والطاقة النووية.

حينما تبلغ الوكالة مرحلة النضج يمكنها أن تنفق سنوياً ما بين مليار وملياري دولار على المهام التي اقتُرحت هنا، وللمقارنة فقط فإن وزارة الطاقة الأمريكية تنفق سنوياً ما يعادل 1.2 مليار دولار على البحث والتطوير والتوعية في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وبرامج التوسع في استخدامها اعتباراً من عام 2002. قد تبدو ميزانية بحجم ملياري دولار ضخمة، لكن في واقع الأمر لا تشكل هذه الميزانية سوى ثلث 1٪ من الإنفاق العالمي على الطاقة، وهي تقع ضمن النسبة المرغوبة للاستثمارات في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة على مستوى العالم.

تحتاج الوكالة الدولية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة إلى مقر رئيسي وفروع منتشرة في القارات، بحيث تقوم هذه الفروع بتنسيق النشاطات في مناطقها، والعمل بقرب مع كل دولة، ويمكن أن تحتضن مراكز تميز لكل تقنية أو مجال بحثي معين أو لمداخل سياسات معينة (على سبيل المثال: مركز للطاقة الحيوية أو للصاقات ومعايير الكفاءة). وفي حين يمكن إجراء الكثير من النشاطات بشكل لامركزي فإن من المنطقي المحافظة على القيام بنشاطات أخرى بشكل مركزي، مثل تنظيم التعاون في مجال البحث والتطوير والتوعية، وتوحيد إجراءات الاختبار، وتحديد أهداف لكفاءة المنتجات العالمية.

الفصل الثامن

نحو مستقبل مستدام للطاقة

يشكل المستقبل غير الفعال الذي يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري عدداً من التحديات للعالم:

- ارتفاع سريع لدرجة حرارة الأرض.
- استثمارات كبيرة في قطاع إمداد الطاقة.
- ارتفاع التلوث المحلي والإقليمي.
- ارتفاع حدة المخاطر الأمنية على المستويين القومي والدولي.
- نضوب سريع للنفط.
- استمرار الفوارق.

تشكل هذه القضايا مجتمعة تهديداً خطيراً على تكامل البيئة في كوكبنا، وعلى مستوى معيشتنا وقدرة العالم النامي على الخروج من دائرة الفقر التي يرزح تحتها. إن مستقبل الطاقة الذي يسير على النهج الحالي ليس مرغوباً فيه ولا مستداماً.

لحسن الحظ، إن مستقبل الطاقة الذي يرتكز على استخدام الوقود الأحفوري بكفاءة متدنية ليس حتمياً. بل يمكن الحد من الكثير من هذه المشكلات بالتركيز على تحسين كفاءة الطاقة، واعتماد أكبر على الطاقة المتجددة، واستخدام أكبر للغاز الطبيعي، لحقبة زمنية تمتد لعقود عديدة. بشكل مختصر، فإنه يمكن إحداث ثورة في الطريقة التي يتعامل العالم من خلالها مع الطاقة، سواء من حيث الإنتاج أو الاستهلاك، وبها يجرى تحقيق طيف واسع من المكاسب على مختلف الصعد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية. إن العالم ليس بحاجة إلى

التضحية بالنمو الاقتصادي لحماية البيئة وتأمين مصادر الطاقة الحديثة لما يقارب مليارَي فرد محرومين منها حالياً، وإنما يمكن تحقيق ذلك بالتركيز على الإجراءات الفعالة كلفياً لتحسين كفاءة الطاقة، وبالتوافق والتحول نحو مصادر الطاقة المتجددة.

ومع ذلك، هناك عقبات حقيقية وهائلة تقف في وجه استخدام ونشر تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والغاز الطبيعي، سواء في الدول الصناعية أو النامية. وترتبط هذه العقبات بعوامل متعددة: توافر التقانة، والأداء، وآلية اتخاذ القرار الإداري لدى قطاع الأعمال والمستهلك، وتنظيم السوق، وأسعار الطاقة والضرائب المفروضة عليها، والتشريعات، والقوى السياسية.

ويشير عديد من التنبؤات في مجال الطاقة في حال استمرار النهج الحالي إلى أنه من دون إصلاحات سياسية جذرية، فإن الولايات المتحدة والدول الأخرى لن تحقق إلا تقدماً محدوداً في مجال تحسين كفاءة الطاقة، وستستمر في الاعتماد بشدة على الوقود الأحفوري، بشكل خاص النفط والفحم، وهي أكثر أشكال الوقود إثارةً للقلق.

ما هي إذاً التنبؤات الإجمالية لثورة الطاقة؟ يمكن أن أبين أن ثورة الطاقة ممكنة بالنظر إلى التقدم التقني الحاصل، وتراكم الخبرة السياسية خلال أكثر من ثلاثين سنة. إنه من المفيد مراجعة الدروس المستقاة من هذه التجارب قبل التفكير في كيفية تبلور ثورة الطاقة العالمية.

دروس السياسة

إن أكثر الدروس أهمية ويمكن أن تُستقى من الخبرات الماضية تتمثل في أن السياسات العامة المعدَّة والمنفذة بعناية تستطيع أن تتغلب على العقبات التي تعترض تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة وتقنيات أنظف للوقود الأحفوري، وقد ثبت هذا الاستنتاج من خلال الحالات الدراسية لمبادرات السياسات من مختلف أنحاء العالم، ومن تقديرات السياسات المستقبلية في الولايات المتحدة والبرازيل.

هناك عدد من الدروس المحددة التي يمكن أن تساعد على إحداث ثورة في الأسلوب الذي ينتهجه العالم لإنتاج الطاقة واستخدامها. ماذا سنفعل؟

- السعي لإجراء تغييرات هيكلية بالسوق، وتكامل السياسات ضمن استراتيجيات التغييرات الهيكلية في السوق، والتصدي لمجموعة العقبات الموجودة في منطقة محددة، وتعزيز السياسات بشكل كاف للتغلب على العقبات الموجودة، وتطوير هذه السياسات لتتناسب وهذه العقبات، حيث يتراجع بعضها، بينما يظهر إلى السطح بعضها الآخر.

- إنشاء نظام إبداعي، حيث يمكن من خلاله لتقنيات وخدمات الطاقة النظيفة أن تتأسس بالسوق، ومن ثم تنمية السوق، وخفض الكلفة مع ارتفاع حصتها في السوق. يتضمن هذا الأسلوب مجموعة من الجهود التي يجب أن تركز على التطوير التقني وإمداد المنتجات من جهة، وحاجة المستهلك وتطوير السوق من جهة أخرى.

- جعل السياسات متوقعة ومستقرة لتخفض الخطر والشك اللذين يواجههما المستثمر وقطاع الأعمال والمستهلكون، بحيث يتم العمل بهما لعقد من الزمان أو أكثر للتأكد من النمو السليم لقطاع تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وأسواقها.

- التوسع في سياسة البحث والتطوير والتوعية الممولة من الحكومة في مجال تقنيات الطاقة النظيفة لتخفيض كلفتها وتحسين أدائها، والتوسع أيضاً في البحث والتطوير والتوعية في مجال السلوكيات والقضايا المرتبطة بالتنفيذ، وتعزيز التعاون بين مراكز الأبحاث والقطاع الخاص، وضم البحث والتطوير والتوعية إلى الجهود الرامية لتنمية الأسواق.

- تأمين التمويل اللازم لزيادة استخدام تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، وبخاصة في الدول النامية. ويميل التمويل ليكون أكثر فاعلية إذا كانت القروض بشروط ميسرة من خلال المؤسسات المالية الموجودة، وإذا ما رُبطت هذه القروض بتسويق تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

- تقديم الحوافز المالية لزيادة تبني إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، بحيث تقدِّم هذه الحوافز للأداء الأفضل (على سبيل المثال، تقدم الحوافز حسب وفورات الطاقة، أو حسب كميات الطاقة المتجددة المنتجة). ويجب أن تنخفض الحوافز تدريجياً مع نمو أسواق قطاع تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة وانخفاض كلفتها.

- إصلاح أسعار الطاقة: إزالة الدعم عن قطاع الوقود الأحفوري، وفرض ضرائب ترتكز على الكلف الاجتماعية والبيئية، واستخدام جزء من الريع الناتج عن الضرائب لدعم مبادرات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة بغية تحقيق أكبر المكاسب على صعيد الطاقة والبيئة والاقتصاد.

- سنّ قواعد تنظيمية أو فرض التزامات على السوق لتحفيز التبني الواسع لتحسينات كفاءة الطاقة أو لمصادر الطاقة المتجددة، والتأكد من أن هذه التشريعات والقيود تتمتع بالجدوى التقنية والاقتصادية، ومن ثم وضعها موضع التطبيق الفعلي وتحديثها دورياً. وكذلك تحديد سقف للانبعاثات ووضع خطط لتبادلها تجارياً، بما يشجع ويوفر أرصدة تخفيض الانبعاثات من جراء تحسينات كفاءة الطاقة عند المستخدم النهائي وتقنيات الطاقة المتجددة.

- تبني اتفاقيات طوعية بين الحكومات والقطاع الخاص في الحالات التي لا يمكن فيها تطبيق القواعد التنظيمية أو فرض قيود على السوق، ثم تكامل الاتفاقيات الطوعية مع الحوافز المالية والمساعدة التقنية كلما دعت الحاجة، ثم التلويح بالضرائب أو القواعد التنظيمية إذا لم يفلح القطاع الخاص بتنفيذ التزاماته.

- خلق منافسة أكبر لتحقيق تحسينات في كفاءة الطاقة، وخفض الكلفة وتخفيض الانبعاثات في قطاع إمدادات الطاقة الكهربائية. وتبني التزامات فيما يخص الطاقة المتجددة وتحسين الكفاءة أو آليات التمويل بالتوافق مع هذه الإصلاحات لتعزيز جهود تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة عند المستخدم النهائي.

- نشر المعلومات وتوفير التدريب لرفع درجة الوعي وتحسين آلية التنفيذ لخيارات إدارة الطاقة والطاقة المتجددة، وتوحيد هذه الجهود مع الحوافز والاتفاقيات الطوعية أو القواعد التنظيمية لزيادة فعاليتها.
- استخدام الشراء بالجملة للمساعدة على الاستغلال التجاري لتقنيات الطاقة النظيفة المبتكرة وتأسيس أسواق لها. ويجب على الحكومات أن تشتري المنتجات ذات الكفاءة العالية، ومنتجات الطاقة المتجددة أو الطاقة الخضراء لاستخدامها. كما يجب أن تراعى خلال عمليات الشراء بالجملة مساندة قطاعات واسعة من المجتمع والهيئات الخاصة.
- بناء القدرات لتنفيذ السياسات الرامية إلى تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة في جميع الدول. ويجب أيضاً تدريب ودعم قطاع الأعمال الذي يقوم بإنتاج وتسويق وتركيب وخدمة تقنيات الطاقة النظيفة.
- إنجاز كل من التخطيط المتكامل لمصادر الطاقة، والتخطيط المتكامل للنقل واستخدام الأرض لتوجيه الاستثمارات نحو الخيارات التي من شأنها تخفيض الكلفة الاجتماعية الإجمالية (ومن ضمنها التكاليف البيئية). ويجب أن تشتمل خطط الطاقة والنقل على: أهداف واقعية، وإجراءات عملية للوصول إلى هذه الأهداف، وإجراءات للمراقبة والتقويم.

وللحصول على تأثير كبير ومستمر يجب على سياسات الطاقة أن تستقطب القطاع الخاص للانخراط في إنتاج وتسويق وتبني تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والتقنيات الأخرى ذات الانبعاثات المنخفضة. ومن دون عناصر فاعلة من القطاع الخاص من المحتمل أن تصبح جهود تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة مرتجلة ومحدودة الأفق ومحصورة بفترة زمنية ضيقة (Kammen 1999, Martinot 2001). ويجب أيضاً توجيه الاستثمارات نحو الطاقة النظيفة بعيداً عن تقنيات الطاقة الملوثة للبيئة ذات الكفاءة المتدنية. ويجب على الحكومات خلق بيئة سوق يقوم فيها المستثمرون والشركات الخاصة

بالابتكار والتنافس، وفي النهاية تحقيق الأرباح من الاستثمار في حقل تقنيات الطاقة النظيفة.

ولا شك في أن بعض شركات الطاقة لها مصالح راسخة في المحافظة على مستقبل للطاقة لا يتمتع بالكفاءة، ويعتمد على الكربون بشكل كبير. لكن في المقابل هناك عديد من الشركات التي تطور وتنتج أو تستثمر في التقنيات ذات الكفاءة العالية والطاقة المتجددة وتقنيات الوقود الأحفوري المتقدمة. ويجب أن يعمل صانعو القرار مع هذه الشركات المتطورة لوضع وتنفيذ السياسات والبرامج التي تأخذ بيد الدول والمناطق نحو مستقبل أكثر استدامة.

بشكل عام ستصبح السياسات المتخذة لتحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة أكثر فاعلية إذا واكبها التزام حكومي على مستوى عال. وكما ذكر في الفصل الرابع، كان للدعم الحكومي دور مهم في سياسات عدد من الدول، منها على سبيل المثال: برنامج وقود الإيثانول في البرازيل، والبرنامج الوطني الصيني لتحسين كفاءة الطاقة ومواقد طهو الطعام، وبرنامج طاقة الرياح في الدنمارك، وجهود الهند في مجال تحسين كفاءة الطاقة، والاتفاقيات الطوعية الصناعية في هولندا، وجهود كاليفورنيا في مجال تحسين كفاءة الطاقة. ويساعد هذا المستوى العالي من الالتزام في دعم السياسات والبرامج على المدى الطويل وإعطاء الشرعية للتقنيات الجديدة، وتشجيع الاستثمارات في تقنيات الطاقة النظيفة من قبل القطاع الخاص.

لقد خصصنا الجزء الأكبر من هذا الكتاب لاستعراض السياسات الناجحة التي دفعت إلى الأمام بكفاءة الطاقة ومصادر الطاقة المتجددة أو استخدام الغاز الطبيعي. لكن الواقع يظهر لنا أن هناك كثيراً من مبادرات السياسة في مجال تشجيع تقنيات الطاقة النظيفة لم يحالفها النجاح. على سبيل المثال، أخفق عديد من الدول في تأسيس سوق حيوية لتقنيات الطاقة النظيفة برغم الجهود الكبيرة التي بذلت في مجال البحث والتطوير والتوعية أو من خلال برامج الحوافز (Johnson and Jacobsson 2001, Martinot et al 2002).

بينما لاقت جهود دول أخرى بعض النجاح في مجال تحسين كفاءة الطاقة في السيارات خلال السنوات العشر أو الخمس عشرة الماضية.

لحسن الحظ، نستطيع أن نحدد الأسباب الكامنة وراء معظم هذا الإخفاق، حيث تفتقر مبادرات السياسة هذه عادةً إلى بعض مقومات النجاح إذا لم نقل معظمها. لم تقم هذه السياسات بإزالة العقبات الرئيسية، وهي ليست جزءاً من استراتيجية تغيير هيكلي متكاملة للسوق، وتفتقر إلى الاستمرارية أو الالتزام الحكومي على مستوى عال، ولم يتم إشراك القطاع الخاص فيها أو بناء بيئة سوق مناسبة. من جهة أخرى، من الممكن التغلب على العقبات واستخدام تقنيات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والوقود الأحفوري النظيف على نطاق واسع، من خلال إعداد السياسات وتنفيذها بعناية.

عالج الفصل السابع البعد العالمي للانتقال إلى مستقبل مستدام للطاقة، حيث ساعد الخطر الناجم عن ارتفاع درجة حرارة الأرض في زيادة التعاون الدولي في مجال تطوير الطاقة النظيفة ونشرها خلال العقد المنصرم. وساهم تنفيذ الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة حول التغير المناخي في بناء القدرات ونقل التقانات وتمويل مشاريع الطاقة النظيفة في الدول النامية. وفي نفس الوقت، وسّع عديد من الدول الصناعية الجهود المشتركة في مجال تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، على المستويين الإقليمي والدولي، وغالباً ما كان ذلك بالترابط مع الالتزام لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة.

شاركت المؤسسات الدولية مثل وكالة الطاقة الدولية، والمؤسسة البيئية العالمية، والبنك الدولي، والأمم المتحدة، ووكالات التعاون الثنائي، في كثير من المبادرات المتعلقة بالطاقة النظيفة، غير أن هذه الجهود العالمية تتميز بأنها متفرقة ومحدودة وتحقق في بعض الأحيان مصالح الجهات المانحة، وقد تسبب المشكلات والنزاعات في أحيان أخرى. وليس لأي وكالة دولية تعهد واضح، ولا تتوافر لديها الإمكانات المادية الكافية لقيادة ثورة الطاقة النظيفة.

كما شُرح في الفصل السابع، فإن الحاجة ماسة لإنشاء وكالة دولية لتحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة التي يمكن تشكيلها من خلال تضافر الجهود المبذولة في مجال الطاقة النظيفة للوكالات الدولية الأخرى ذات الصلة، ويمكن لهذه الوكالة أن تضطلع بمهام عديدة، مثل دعم الجهود المبذولة على كافة الصعد الوطنية والإقليمية أو من القطاع الخاص والتعاون في مجالات متعددة، مثل البحث والتطوير والتوعية والضرائب والتسعير ومبادرات المشتريات، وبناء القدرات، والتجارة العالمية، واندماج الشركات، وتناسق إجراءات الاختبار ومعايير الأداء، ووضع أهداف لكفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة وما شاكل ذلك.

التقدم الحاصل حتى هذا اليوم

تؤمّن مصادر الطاقة المتجددة الحديثة بما فيها الكهرمائية -كما ذكر في الفصل الأول- ما يعادل 5٪ من إمدادات الطاقة العالمية. ويرتفع معدل استخدام الطاقة العالمي بمعدل 2٪ سنوياً بغض النظر عن التحسينات التي تمت على صعيد كفاءة الطاقة في معظم الدول. وسوف يترتب على ذلك زيادة كبيرة في استخدام النفط والفحم خلال العقود القليلة القادمة ما لم تتسارع التحسينات في كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة (IEA 2000a). ولكن هل يمكن تحقيق تسارع في تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة؟ هذا يعتمد بشكل جزئي على أين تقف هي اليوم.

تعتبر طاقة الرياح أحد مصادر الطاقة الرئيسية التي تشهد نمواً سريعاً على مستوى العالم. ويبين الشكل (8-1) نمو استطاعات طاقة الرياح في العالم خلال الخمسة عشر عاماً الماضية، وقد تضاعفت استطاعات طاقة الرياح الإجمالية المركبة خلال أعوام 1992-2001 بمقدار عشرة أضعاف، وتمثل الاستطاعة الإجمالية المركبة عام 2001، والتي تبلغ وحدها 6500 ميجاواط، استثماراً قدره 7 مليارات دولار في العنفات الرياحية الجديدة (AWEA 2002).

ومع هذا النمو المستمر في طاقة الرياح تؤمّن هذه حوالي 60 تيراواط ساعي (TWh)، وهذا يعادل 0.4٪ من الطاقة الكهربائية المنتجة بالعالم بأكمله عام 2001. إضافة إلى ذلك فإن الاستطاعات المركبة من طاقة الرياح تنمو سنوياً بمقدار 30-35٪، ويتوقع أن يستمر هذا النمو المرتفع حتى عام 2005 بسبب التقدم الحاصل في مجال التقانة ونمو السوق، وبسبب فعالية الكلفة التي تتمتع بها العنفات الرياحية الحديثة، والمبادرات السياسية في الطاقة المتجددة في كثير من البلدان (BTM Consult 2001).

الشكل (8-1)

نموّ سعات طاقة الرياح في العالم

السعة المضافة سنوياً (ميجاواط)

السعة التراكمية (ميجاواط)

السنة

السعة التراكمية — السعة المضافة سنوياً

المصدر: BTM Consult 2001, Sawin 2002, AWEA 2002.

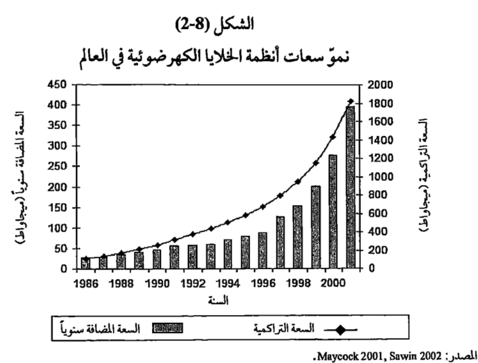
يبين الشكل (8-2) نمو استطاعات الأنظمة الكهرضوئية في العالم خلال الخمس عشرة سنة الماضية، حيث ازدادت الاستطاعة الإجمالية المركبة حوالي خمس مرات في أعوام 1992-2001. وارتفعت الاستطاعات المركبة بنسبة 25٪ سنوياً عامي 2000 و2001، ويعود السبب في ذلك بمجمله إلى برامج الأنظمة الكهرضوئية المرتبطة بالشبكة في اليابان وألمانيا. وقد بلغت الاستطاعة الإجمالية المركبة عام 2001 من الأنظمة الكهرضوئية في العالم 1800 ميجاواط، وهذا يعني أنها تمد العالم بما يعادل 3.6 تيراواط ساعي، وهذا يعادل

0.025٪ من الطاقة الكهربائية المنتجة في العالم عام 2001. لكن مع التوسع في برامج الحوافز في كثير من الدول فإن منتجات جديدة هي قيد التطوير، وتنخفض كلف الأنظمة الكهرضوئية، ويتوقع أن تزداد استطاعات الأنظمة الكهرضوئية المرتبطة بالشبكة فقط بنسبة 35٪ سنوياً خلال المدة 2001-2005 (Rever 2001).

لا تتوافر معطيات عن إنتاج واستخدام أشكال الطاقة الحيوية الحديثة على مستوى العالم، لكن تتزايد معدلات نموها في بعض الدول، كالبرازيل والدول الإسكندنافية، بينما كان النمو معتدلاً في الدول الأخرى. على سبيل المثال، في الولايات المتحدة يقدّر أن إمدادات كل أشكال الطاقة الحيوية بما فيها تلك الناتجة عن مخلفات صناعة الورق وفضلات المدن الصلبة التي تحرق للحصول على الطاقة، وكذلك الأخشاب والإيثانول، تضاعفت بصعوبة في الفترة 1971-2000 (Overend 2002).

الشكل (8-2)

نموّ سعات أنظمة الخلايا الكهرضوئية في العالم



المصدر: Maycock 2001, Sawin 2002.

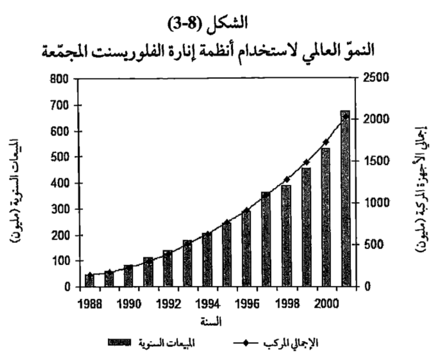
تتبوأ مصادر الطاقة الحيوية في الوقت الحاضر مكاناً ريادياً ضمن مصادر الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية، وشكلت حوالي 3.5٪ من إمدادات الطاقة

الإجمالية عـام 2000. وتبنـت الحكومـة الفيدراليـة عـام 1999 هـدفاً يتمثـل في مـضاعفة استخدام الطاقة الحيوية والمنتجات ذات الأساس الحيوي بمعدل ثلاثـة أضـعاف بحلـول عـام 2010 (Wright and Kszos 1999). وللمقارنـة فإنـه في بعـض البلـدان الأوربيـة كالنمسا وفنلندا والسويد تشكل إمدادات الطاقة الحيوية 10-20٪ مـن إمـدادات الطاقـة الإجمالية (IEA 2001e).

شهد العقد الماضي نمواً كبيراً لاستخدام تقنيات تحسين كفاءة الطاقة برغم عدم توافر معطيات عن حجم المبيعات في العالم، وعن معظـم هـذه التقنيـات حاليـاً. لكـن بالنـسبة لأنظمة إنارة الفلوريسنت المدمجة التي تتوافر معطيات عنها، فقد ارتفعت المبيعات السنوية لهذه الأجهزة بمقدار خمسة أضعاف في الفترة 1992-2001، كما هو مبين بالشكل (8-3). وازدادت مبيعات هذه الأجهزة في السنوات الأخيرة بمقدار 25-30٪ سنوياً بسبب برامج الحوافز والترويج التي تتم في كثير من البلدان، إضافة إلى مواكبة ذلك لعملية تطوير المنـتج وخفض كلفته.

الشكل (8-3)

النموّ العالمي لاستخدام أنظمة إنارة الفلوريسنت المجمّعة



ملاحظة: تم الافتراض أن متوسط عمر الجهاز 4 سنوات.

المصدر: Borg 2002، تقديرات المؤلف لعام 2001.

وتشهد الصين بخاصة توسعاً كبيراً في إنتاج أنظمة إنارة الفلوريسنت المدمجة (Scholand 2002)، وتشهد مبيعات أنظمة إنارة الفلوريسنت المدمجة في الولايات المتحدة الأمريكية ازدهاراً بسبب الجهود الكبيرة التي تبذل على مستوى الولايات والأقاليم وبسبب الحملات الترويجية والحوافز (Calwel et al. 2002). وبفرض أن العمر الوسطي لجهاز إنارة الفلوريسنت المدمجة هو أربع سنوات، وأن عدد هذه الأجهزة يقارب المليارين على مستوى العالم عام 2001، فإن الوفورات المتحققة نتيجة استخدام هذه الأجهزة تصل إلى 135 تيراواط ساعي في تلك السنة، وهذا يخفض من الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهربائية بمقدار 1٪ تقريباً.

من الواضح أن تقدماً كبيراً قد أُحرز على صعيد تطوير واستخدام التقنيات الأساسية في مجال تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، لكن هناك المزيد مما يمكن عمله في هذا الصدد، ولتحقيق الفائدة المرجوة سيتم استعراض ما تقوم به وتخطط له الدول الرائدة في هذا المجال، إضافة إلى الأقاليم والولايات. وتتوافر أيضاً تنبؤات طويلة الأجل لحجم المبيعات والسوق لبعض تقنيات الطاقة النظيفة.

الاحتمالات المستقبلية

يخطط الاتحاد الأوربي لمضاعفة استخدام الطاقة المتجددة بحلول عام 2010، وسيتم تأمين 12٪ من إمدادات الطاقة الإجمالية و22٪ من الطاقة الكهربائية في تلك السنة من مصادر متجددة. وتبنت بعض البلدان الأوربية الأخرى أهدافاً أكثر طموحاً وخاصة بها. على سبيل المثال، تخطط المملكة المتحدة لزيادة نسبة الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة لترتفع من 2٪ عام 2000 إلى 10٪ بحلول عام 2010 (IEA 2001e). أما إسبانيا فإنها تخطط للحصول على 12٪ من الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح فقط (BTM Consult 2001). بينما في الدنمارك يخطِّط لزيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة من 10٪ من إمدادات الطاقة الإجمالية عام 2000 إلى 18٪ عام 2010 ولتصل عام 2030 إلى 35٪ (Odgaard 2000).

في الولايات المتحدة الأمريكية، تأخذ بعض الولايات والبلديات موقعاً ريادياً في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، فقد تبنت ولاية كاليفورنيا معايير جديدة لكفاءة الطاقة في الأجهزة الكهربائية وكودات طاقة صارمة للأبنية، وتوسعت في برامج تحسين كفاءة الطاقة على مستوى الولايات ومستوى مؤسسات الطاقة لتحقيق خفض آخر على الشدة الطاقية، وكما ذكر في الفصل الرابع فهو منخفض نسبياً بطبيعة الحال مقارنة بالولايات الأخرى.

لقد تبنت ولاية كاليفورنيا هدفاً يتضمن زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في إمدادات الطاقة الكهربائية من 12٪ عام 2001 إلى 17٪ عام 2006، وأسست لهذا الغرض برنامجاً لتقديم حوافز للطاقة المتجددة لتحقيق هذا الهدف (CEC 2001b). إضافة إلى ذلك، أصدرت كاليفورنيا عام 2002 تشريعاً وجهت بموجبه المسؤولين المعنيين في الولاية لتأسيس معايير انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون على السيارات الجديدة والشاحنات الخفيفة اعتباراً من عام 2009 (Hakim 2002). وبالطبع أخرج هذا الإجراء معايير كفاءة الوقود للسيارات الجديدة من الطريق المسدود الذي وصلت إليه في الولايات المتحدة.

إن ولاية كاليفورنيا ليست وحدها في هذا المجال، فقد سارت ولاية نيويورك على نفس النهج، وتبنت هدفاً تمثل في خفض استخدام الطاقة الأولية لكل وحدة من الناتج الاقتصادي بمقدار 25٪ بحلول عام 2010 (مقارنة بالمستوى السائد عام 1990)، وزيادة استخدام الطاقة المتجددة بنسبة 50٪ بحلول عام 2010 (مقارنة بالمستوى عام 1990) (NYSEPB 2002). أما ولاية نيوجيرسي فقد قامت بالتوسع في برامج تحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة، وتنتهج سياسة التعهدات الطوعية لتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون على مستوى الولاية بنسبة 13٪ مقارنة بالمستوى المتوقع عام 2005 (Fialka 2001). أما في الولايات الأخرى، فقد التزمت ولاية نيفادا بتأمين ما نسبته 5٪ من حاجتها من الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام 2013، بينما أضافت ولاية تكساس ما مقداره 900 ميجاواط من الطاقة المتجددة عام 2001 وحده، وبذلك حققت نصف الخطة الموضوعة لغاية عام 2009، بينما تبنت ولاية هامبشير معايير صارمة

على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة من محطات توليد الطاقة العاملة على الوقود الأحفوري.

لقد قطعت بعض الدول النامية أشواطاً كبيرة في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، فبالنسبة للبرازيل -كما ذكر في الفصل السادس- تحصل حالياً على أكثر من نصف حاجتها من الطاقة من مصادر متجددة. وستحصل الهند على 10٪ من حاجتها المتزايدة من الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام 2012، وذلك بفضل إنجازاتها الكبيرة وسياساتها الشاملة حتى هذا اليوم (Timilsina, Lefevere, and Uddin 2001).

وتخطط الصين لإضافة ما مقداره 20000 ميجاواط من الطاقة المتجددة (باستثناء مشاريع الطاقة الكهرمائية الكبيرة) بحلول عام 2010 (Martinot et al. 2002). وتخطط تايلاند للحصول على ثلث احتياجاتها من الطاقة بتحسين كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة بحلول عام 2011 (NEPO 2002). وضمن هذا السياق تقوم تايلاند بتنفيذ برامج متعددة في مجال الطاقة المتجددة وتحسين الكفاءة.

يمكن للتنبؤات المستقبلية لبعض التقنيات الخاصة أن توضح لنا كيف يمكن لثورة الطاقة النظيفة أن تتجلى للعيان. فمن المتوقع أن تستمر استطاعات طاقة الرياح العالمية بالنمو بواقع 20-25٪ سنوياً خلال العقدين القادمين، وذلك في حال استمرت التحسينات على الكلفة والأداء، وترافقت مع السياسات المناسبة (EWEA, Forum for Energy and Development, and Greenpeace International 1999, Williams 2002). وإذا ما قيض للاستطاعات المركبة من طاقة الرياح أن تزداد بنسبة 25٪ سنوياً خلال الفترة 2002-2010، وبنسبة 20٪ خلال الفترة 2011-2020، فستبلغ استطاعة أنظمة طاقة الرياح المركبة في العالم 1200 جيجاواط بحلول عام 2020، وستعطي هذه الاستطاعة من الطاقة الكهربائية ما يعادل 3200 تيراواط ساعي سنوياً، وتساوي 18٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية في العالم عام 2020، وذلك بأخذ عوامل الاستيعاب المتوقعة في المستقبل بفرض أنه تم الحد من نمو الطلب على الطاقة السنوي ليصبح 1٪ من خلال الجهود المختلفة في مجال تحسين كفاءة الطاقة.

إذا وصلت الاستطاعات الرياحية إلى هذه الدرجة فمن المتوقع أن ينخفض سعر الكيلوواط ساعي ليبلغ 0.03 دولار أو أقل عام 2020، وذلك نتيجة للأثر التعليمي والتقدم التقني (Turkenburg 2000, Williams 2000). إن انخفاض الكلفة إلى هذه الدرجة سيؤدي إلى فتح الباب أمام خطوات إضافية أخرى يمكن اتخاذها، مثل نقل طاقة الرياح عبر مسافات طويلة (كنقل طاقة الرياح من السهول الكبرى إلى المناطق المكتظة بالسكان في الولايات المتحدة، ومن المناطق الداخلية في منغوليا إلى المناطق المكتظة بالسكان في الصين) (Williams 2002). وبالتالي يمكن لطاقة الرياح أن تؤمن نصف حاجة العالم من الطاقة الكهربائية عام 2040 بفرض استمرار نمو طاقة الرياح بحدود 6-7٪ بعد عام 2020.

بالنسبة للأنظمة الكهرضوئية، من المتوقع أن تتزايد الاستطاعة المركبة على مستوى العالم بنسبة 30٪ سنوياً خلال العقدين القادمين إذا ما اتُّبعت سياسات داعمة في هذا الاتجاه في عدد متزايد من البلدان (Cameron et al. 2001, Williams 2002). وبفضل هذا النمو ستصل الاستطاعات الشمسية المركبة إلى ما يقارب 260 جيجاواط بحلول عام 2020، وستبلغ الطاقة الكهربائية الناتجة عن هذه الاستطاعات حوالي 520 تيراواط ساعي سنوياً، وهذا يعادل 3٪ من إمدادات الطاقة الكهربائية العالمية الإجمالية عام 2020 بفرض أن نمو الطلب على الطاقة العالمي هو 1٪ سنوياً.

وستشكل الطاقة الكهربائية من الأنظمة الكهرضوئية نسبة صغيرة لكن هامة من إمدادات الطاقة الكهربائية العالمية بحلول عام 2020، إذا ما تحقق هذا الهدف. ويمكن من خلال ذلك إيصال الطاقة الكهربائية إلى أعداد كبيرة من العائلات الريفية في الدول النامية التي لا تستخدم الكهرباء في الوقت الحاضر، ويبلغ عددها 500 مليون تقريباً.[1] إضافة إلى أن معظم الأنظمة الكهرضوئية المزمع تركيبها بحلول عام 2020 هي من النوع الذي سيربط بالشبكة العامة. ومرة أخرى فإن انخفاض الكلفة بسبب مجموعة من العوامل، منها استمرار التطور التقني المتوقع، وبناء منشآت تصنيعية ضخمة لهذه الأنظمة

الكهرضوئية، والأثر التعليمي، سيؤدي ذلك كله إلى فتح الباب مجدداً نحو توسع آخر للأنظمة الكهرضوئية ما بعد عام 2020 (Williams 2002).

وإذا استمر نمو الأنظمة الكهرضوئية سنوياً بنسبة 15-20٪ بعد عام 2020، فستتمكن الأنظمة الكهرضوئية من إمداد العالم بطاقة تعادل أكثر من 7000 تيراواط بحلول عام 2040 (Cameron et al. 2001). وإذا ما تحقق هذا المستوى من إنتاج الطاقة الكهربائية من الأنظمة الكهرضوئية فسيجعلها تمد العالم بثلث حاجته من الطاقة الكهربائية عام 2040، على اعتبار نفس الفرضية السابقة وهي المحافظة على نمو الطلب على الطاقة في العالم بنسبة 1٪ سنوياً.

سيناريو الطاقة النظيفة العالمي

تعتبر آفاق تطور هذه التقنيات واعدة فيما لو نظرنا لكل واحدة منها على حدة، لكنها من جهة أخرى غير كافية لتحقيق ثورة طاقة حقيقية. ماذا سيحدث لو تُبنيت سياسات شاملة تتوافق وما اقتُرح هنا في هذا الكتاب؟ يبدو من المستحيل الوصول إلى جواب قاطع، ويمكن وضع سيناريوهات تتماشى والتبني الواسع لمثل هذه السياسات، إضافة إلى التنبؤات الخاصة بكل تقنية من تقنيات الطاقة النظيفة.

يمثل سيناريو الطاقة الذي يعتمد على التوازن البيئي (تم التطرق إليه في الفصل الأول) أحد الأمثلة على ما يمكن أن يحدث. وجرى تطوير هذا السيناريو من قبل المعهد الدولي لتحليل الأنظمة التطبيقية (IIASA) ومجلس الطاقة العالمي (WEC). ويفترض هذا السيناريو أن هناك جهوداً دولية تدعم تطوير الطاقة النظيفة خلال القرن الواحد والعشرين على المستويين القومي والدولي. في هذا السيناريو تحد التحسينات الواسعة الانتشار في مجال تحسين كفاءة الطاقة من نمو الطلب على الطاقة في العالم إلى 0.8٪ سنوياً بشكل وسطي، وتؤمن مصادر الطاقة المتجددة حوالي 40٪ من إمدادات الطاقة العالمية بحلول عام 2050 لتصل إلى 80٪ عام 2100 (الشكل 1-5).

وفي الجزء الأخير من هذا القرن ستهيمن الطاقة الشمسية والأشكال الحديثة من الطاقة الحيوية على مصادر الطاقة، وسينخفض استخدام النفط على مستوى العالم بمقدار الربع، والفحم بمقدار الثلث بحول عام 2050، وستبلغ مساهمة النفط والفحم حوالي 10٪ من إمدادات الطاقة العالمية عام 2100، ويتحسن مستوى الحياة في الدول النامية بموجب هذا السيناريو مقارنة بالمستقبل الذي يسير على النهج الاعتيادي (Nakicinovic, Grubler, and McDonald 1998).

مهما يكن، لا يمكن وبأي حال من الأحوال الاعتقاد بأن هذا السيناريو الذي يستند إلى التوازن البيئي سيضع حدوداً لا يمكن تخطيها خلال القرن الواحد والعشرين فيما يتعلق بتحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة، بل إن ذلك ممكن، وهذا يتبين من خلال سيناريو الطاقة النظيفة الذي وضعه المؤلف بنفسه. يبين الجدول (8–1) والشكل (8–4) هذا السيناريو، ويتضح به بشكل تدريجي إمدادات الطاقة والطلب عليها خلال هذا القرن، إذا ما توافر الالتزام القوي والثابت لتحسين أكبر لكفاءة الطاقة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة.

الجدول (8-1)

سيناريو الطاقة النظيفة العالمي

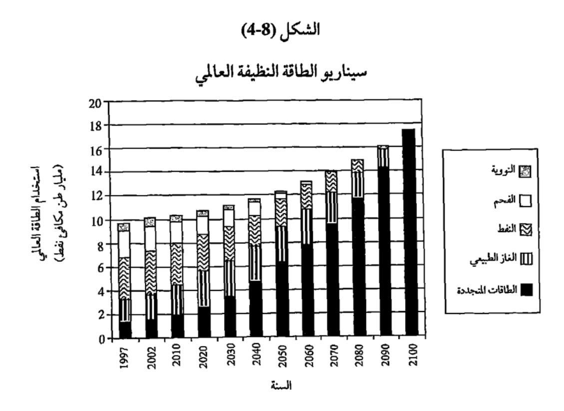
المنطقة	الطاقة الأساسية (مليار طن مكافئ نفط)							
	1997	2002	2010	2020	2040	2060	2080	2100
OECD	4.88	5.1	4.90	4.66	4.22	3.81	3.45	3.12
EE/FSU	1.03	1.1	1.14	1.20	1.33	1.47	1.62	1.79
LDCs	3.74	3.9	4.29	4.83	6.14	7.79	9.89	12.55
المجموع	**9.65**	**10.10**	**10.33**	**10.70**	**11.68**	**13.07**	**14.96**	**17.47**
نصيب الطاقة المتجددة (٪)	14	15	18.5	24	40	59	78	100

ملاحظات: OECD = دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، EF/FSU = أوربا الشرقية ودول الاتحاد السوفيتي السابق. LDCs = الدول الأقل نمواً.

غير أن هذا السيناريو لم يوضع اعتماداً على فرضيات سياسية جرى تبنيها في دول ومناطق مختلفة، وإنما كان ذلك استناداً إلى مجموعة من الفرضيات المتوافقة مع ذاتها والمتعلقة بالنمو الاقتصادي وانخفاض الشدة الطاقية، والنمو في إمدادات الطاقة المتجددة وتطور الوقود الأحفوري والطاقة النووية (لمزيد من التفاصيل راجع الملحق في نهاية هذا الفصل).

الشكل (8-4)

سيناريو الطاقة النظيفة العالمي



تحد التحسينات على كفاءة الطاقة والتحولات الهيكلية في سيناريو الطاقة النظيفة العالمي من حدة الطلب خلال هذا القرن إلى حوالي 0.6٪، بينما تزداد إمدادات الطاقة المتجددة بشكل وسطي بنسبة 2.5٪ سنوياً، بحيث تساهم مصادر الطاقة المتجددة بحوالي 25٪ من إمدادات الطاقة العالمية عام 2020، ولتستمر بالزيادة لتصل عام 2050 إلى أكثر من النصف ولتسود في نهاية القرن ولتغطي 100٪ من إمدادات الطاقة العالمية. وسينتهي استخدام الطاقة النووية تدريجياً خلال 50 عاماً، بينما يتوقف استخدام الفحم خلال 60 عاماً، أما بالنسبة للنفط فسيستغرق الأمر حوالي 90 عاماً، وستزداد مساهمة الغاز الطبيعي

في إمدادات الطاقة العالمية خلال هذا القرن، ومـن ثـم سـيبدأ اسـتخدامه في الانخفـاض بالقرب من عام 2060 حتى ينتهي استخدامه نهاية عام 2100.

سيعالج سيناريو الطاقة النظيفة كـل التحـديات التـي تنشأ عـن الـنهج الاعتيـادي لمستقبل يرتكز على الوقود الأحفوري. بالنسبة للتغيرات المناخية سيساهم سيناريو الطاقـة النظيفة، وبشكل فوري وبثبات، في خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربـون النـاتج عـن حرق الوقود الأحفوري، كما يتضح ذلك بالشكل (8-5)، حيث سـتنخفض الانبعاثـات العالمية بنسبة 13٪ بحلول عام 2030 وبنسبة 35٪ عـام 2050، وبنـسبة 66٪ عـام 2080، مقارنةً بمستوى الانبعاثات عام 2002. وسيبلغ معدل الانخفاض المطلق لانبعاثـات غـاز ثاني أكسيد الكربون حوالي 1٪ خلال المدة 2002–2050، بينما سيصل معـدل الانخفـاض المطلق لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون منسوباً للناتج المحلي الإجمـالي إلى 3.1٪ سـنوياً، وهي تعادل ضعف المعدل الذي حققه العالم خلال المدة 1971–1997(IEA 2000a).

الشكل (8-5)

انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم وتركيزه في الغلاف الجوي حسب سيناريو الطاقة النظيفة

إذا استمر التراجع الثابت لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون على هذا الشكل، فإن ذلك سيحدّ من تراكم هذه الانبعاثات خلال القرن الواحد والعشرين، بحيث تصل إلى 390 مليار طن مكافئ كربون، وهي أكثر من الانبعاثات التي أطلقت في الفترة 1860–2000 بمقدار 26٪ وتعادل تقريباً 310 مليارات طن. إلى ذلك، إذا سلكت الانبعاثات الكربونية هذا المسار فسيحدّ ذلك من تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون الأعظمي في الغلاف الجوي إلى 425 ppm أو جزء من المليون بالحجم، وهذه النسبة أكبر بحوالي 52٪ من تلك التي كانت سائدة في الحقبة ما قبل الصناعية وبلغت 280 ppm (الشكل 8–5).

يمكن أن يحدث التركيز الأعظمي خلال العقد بين عامَي 2060 و2070، والذي يتبعه انخفاض تدريجي في الجزء الأخير من القرن. سيؤدي هذا بدوره إلى الحد من ارتفاع درجة الحرارة الوسطية للأرض منذ الحقبة ما قبل الصناعية إلى حدود 0.8–2.1 درجة مئوية، والتنبؤ الأفضل بين ذلك يعادل 1.4 درجة مئوية عام 2100،[2] برغم وجود شكوك حول المستوى الآمن لارتفاع درجة حرارة الأرض، وهو موضع جدال بين المنظمات المختلفة والخبراء، فإن الحد الأعظمي الأكثر ترجيحاً هو ارتفاع مقداره 2 درجة مئوية (Schneider and Azar 2000).

إن معدل ارتفاع درجة حرارة الأرض يعتمد على عوامل كثيرة، فالانخفاض الثابت لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون كما هو متوقع في سيناريو الطاقة النظيفة سيقلل إلى حد كبير من أخطار تغيرات المناخ الكارثية. إضافة إلى ذلك، من الممكن أن يجرى تخفيض أكبر على تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي على درجة حرارة الأرض من خلال استخدام تقنية عزل غاز ثاني أكسيد الكربون (الإطار 8–1).

الإطار (8–1)

ما تقنية عزل الكربون؟

للتخفيف من الآثار السلبية للتغيرات المناخية التي يسببها الإنسان ظهر اهتمام كبير في التقاط وتخزين غاز CO_2، سواء في النباتات أو المحيطات أو في مواقع جيولوجية خاصة تحت الأرض. تعرف هذه الخيارات بشكل مشترك بما يسمى تقنيات عزل وتخزين الكربون. وتقدر إمكانية العالم الكامنة على التخزين الحيوي من خلال زيادة المساحة الخضراء والغابات وتحسين

التقنيات الزراعية وما شاكل ذلك بحوالي 100 مليار طن مكافئ كربون بحلول عام 2050 برغم الشكوك الكبيرة التي تحوم حول هذه الإمكانية (IPCC 2001b) وتتوافر هذه الإمكانية في المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية. إن كلفة التخزين الحيوي منخفضة منسوبة إلى وحدة الكربون التي تم تحييدها، ولها مزايا أخرى، كحماية التربة ومستجمع الأمطار، وتحسين التعدد الحيوي وخلق فرص عمل في المناطق الريفية (Sathaye and Ravindranath 1998). على أي حال يعتمد تحقيق هذا الهدف على مدى توافر الماء والأرض والتبني الواسع لإجراءات تحسين إدارة الأرض وعوامل أخرى، ويمكن أيضاً عكس عملية التخزين الحيوي من خلال وقوع حوادث معينة كالحرائق وغزو الحشرات وتغير استخدام الأرض. إضافة إلى ذلك لا يمكن ضمان العزل الحيوي لكميات كبيرة من الكربون لمدة غير محدودة.

تتوافر تقنية أخرى تتمثل في تجميع غاز CO_2 المنطلق من محطات توليد الطاقة العاملة على الوقود الأحفوري ومنشآت تحويل الطاقة الأخرى ومن مؤسسات الطاقة، ومن ثم نقله إلى أماكن معينة للتخلص منه في المحيطات أو في أماكن أخرى تحت الأرض، إن حقن غاز CO_2 في أعماق المحيطات ينطوي على أخطار كبيرة على النظام البيئي. إضافةً إلى أن هناك كمية من الكربون سوف تتسرب مرة أخرى وتعود إلى الغلاف الجوي، لذلك يبدو أن استخدام المحيطات لهذا الغرض لا يعتبر جذاباً، والاهتمام ينصب حالياً على تقنيات العزل الجيولوجية (Williams 2000, Doniger et al. 2002).

من بين المواقع التي تعتبر مناسبة للتخلص من غاز CO_2 آبار النفط والغاز الناضبة ومكامن الفحم، وفي أعماق المكامن المائية الملحية، إن استخدام هذه التقنيات هو أمر متبع حالياً في بعض التطبيقات لتعزيز استرجاع النفط، ولأسباب بيئية أخرى (Herzog, Eliasson, and Kaarstad 2000). تتمثل العقبات التي تحد من الانتشار الواسع لعزل غاز CO_2 من خلال المواقع الجيولوجية في الكلف العالية في الوقت الحاضر لالتقاط غاز CO_2 ومن ثم نقله وبعد ذلك التخلص منه، وعدم نضج التقنيات المستخدمة في عمليات التخلص من غاز CO_2 وعدم التأكد من القدرات التخزينية وأمور أخرى تتعلق بالأمان والسلامة (Holloway 2001).

إن الحاجة ماسة للبحث والتطوير والتوعية RD&D لتطوير تقنيات التجميع والتخلص من غاز CO_2 والحد من الشكوك التي تحوم حول هذه التقنيات وخفض الكلفة. إن تجميع غاز CO_2 والتخلص منه في أعماق الأرض قد يساهم في النهاية في التخفيف من وطأة ارتفاع درجة حرارة الأرض، لكن لم يتضح بعد أن هذه التقنية هي استراتيجية فعالة واقتصادية ومقبولة. ويجب على البحث والتطوير والتوعية في مجال عزل الكربون استمراره، ولاسيما التركيز على الطرق المبتكرة في إنتاج الكهرباء والوقود، والتي تمكن من تجميع غاز CO_2 والتخلص منه والوصول إلى الانبعاثات شبه المعدومة لملوثات الهواء الأخرى (Williams 2000). يجب ألا يقف في وجه ثورة الطاقة النظيفة الحقيقية إمكانية عزل غاز CO_2، بل على العكس يجب تسريع وتائر تحسين كفاءة الطاقة، وتبني الطاقات المتجددة في مختلف أنحاء العالم.

ثانياً، إن الانخفاض المستمر والتوقف النهائي وبشكل تدريجي عن استخدام الفحم والنفط سيخفض بشكل كبير من التلوث على النطاق المحلي والإقليمي في العالم. وهذا سينعكس بالطبع على صحة الإنسان والتخفيف من الآثار السلبية للتلوث على الزراعة والغابات والأنظمة البيئية الأخرى. والتأكيد على كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة في الدول النامية سيحسن بشكل كبير من نوعية الهواء وأعباء جمع الوقود التقليدي الخشبي، وبالتالي تحسين الصحة وظروف الحياة، ولاسيما الأطفال والنساء. وقد لوحظت هذه

الآثار في السيناريو الذي يرتكز على التوازن البيئي، والذي أعده معهد تحليل الأنظمة التطبيقية بالتعاون مع مجلس الطاقة العالمي (IIASA-WEC) حيث تتعاظم هذه الآثار في سيناريو الطاقة النظيفة العالمي، والذي يفترض معدلات عالية لتحسين كفاءة الطاقة ونمو أكبر للطاقات المتجددة.

ثالثاً، يمكن لسيناريو الطاقة النظيفة أن يخفض الكلف الإجمالية التي يتكبدها المجتمع والمرتبطة بإمدادات الطاقة واستخدامها، ويمكن لكلفة تقنيات الطاقة المتجددة وتسارع استخدام الغاز الطبيعي أن يجعل كلفتها الرائجة في السوق مساوية -وفي حالات أخرى أعلى بقليل من- تقنيات الطاقة التقليدية في المدى القريب، وستزداد المكاسب الاقتصادية المتحققة من تحسين كفاءة الطاقة عن هذه الكلف الإضافية (انظر الفصل الخامس). وستنخفض كلف تقنيات الطاقة المتجددة مع مرور الزمن بسبب الأثر التعليمي والتقدم التقني، إضافة إلى أن التحول عن النفط والفحم سيخفض من الكلف البيئية وكلفة الأمن القومي التي يتحملها المجتمع، والتي لا تدخل ضمن أسعار الطاقة في السوق من خلال انخفاض المستوردات النفطية. ومن جهة أخرى فإن انخفاض الطلب على الوقود الأحفوري سيُخفض أسعارها الرائجة في السوق، مقارنة بحال ازدياد الطلب عليها، ما يؤدي إلى مكاسب إضافية للمستهلكين وقطاع الأعمال.

رابعاً، من مزايا سيناريو الطاقة النظيفة الأخرى أنه سيعزز الأمن القومي عبر تقليص المستوردات النفطية، وذلك لغالبية الدول التي تعتمد على استيراد النفط. ويمكن بخاصة توقع وتجنب الاضطرابات المفاجئة المحتملة في سوق إمدادات الطاقة العالمية إذا استمر الطلب على النفط بالتصاعد، في الوقت الذي سيصل إنتاج النفط فيه إلى ذروته خلال العقود القليلة القادمة. وسيقلل سيناريو الطاقة النظيفة من مخاطر التسرب الإشعاعي، سواء في حادث عرضي، أو نتيجة هجوم إرهابي على منشآت الطاقة النووية، أو تحويل المواد النووية إلى أسلحة نووية، وذلك بالتوقف التدريجي عن استخدام الطاقة النووية.

برغم أن سيناريو الطاقة النظيفة سيساهم بتقليص الفوارق بين الأمم، فإن ذلك لم يعالج بوضوح في هذا السياق. ومهما يكن، يشهد استهلاك الطاقة في مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) تراجعاً، بينما يزداد ذلك في الدول النامية برغم تحسين كفاءة الطاقة في كل مكان. وسوف تستهلك الدول النامية نصف الاستهلاك العالمي من الطاقة عام 2030، مقارنة بنسبة 40٪ في الوقت الراهن (يشمل ذلك مصادر الطاقة الحديثة والتقليدية). وستستمر حصة الدول النامية من الطاقة في الارتفاع لتصل عام 2060 إلى 60٪ ولتبلغ ما نسبته 72٪ عام 2100 بموجب سيناريو الطاقة النظيفة.

يتماشى هذا السيناريو الذي يؤكد استخدام مصادر الطاقة المتجددة الحديثة ومعدلات عالية للنمو الاقتصادي والاجتماعي في المناطق الأكثر فقراً في الدول النامية، وستستفيد المناطق الريفية بخاصة من إمدادات الطاقة واستخدام إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، ومع ذلك سيظل معدل استهلاك الطاقة منسوباً للفرد أعلى بكثير في الدول الغربية مقارنة بنظيره في الدول النامية، وفق سيناريو الطاقة النظيفة، لكن ستضيق الفجوة وبشكل كبير بين هاتين المجموعتين من الدول.

برغم المكاسب العديدة التي ستتحقق عبر التحول من الوقود الأحفوري نحو تحسين الكفاءة واستخدام الطاقة المتجددة، فإن هذا لن يتم من دون مواجهة عدد من التحديات وبعض الآثار السلبية، وإن كان بعضها محدوداً. يعتبر موضوع تخزين الطاقة من القضايا الشائكة تقنياً، ويجب التصدي له، وبخاصة في عالم سيعتمد في أغلبه -إذا لم يكن كله- على مصادر الطاقة المتجددة. ويمكن للوقود الغازي أو السائل المستخلص من مصادر متجددة مثل الإيثانول والهيدروجين أن يخزن وينقل بشكل مشابه لما يتم حالياً للغاز الطبيعي والمشتقات النفطية، لكن إذا أخذنا الطابع المتقطع للطاقة الشمسية وطاقة الرياح فإن الحاجة ماسة لتطوير أنظمة تخزين للطاقة ومصادر احتياطية للطاقة، بحيث يترافق ذلك وتحول إمدادات الطاقة الكهربائية نحو مصادر الطاقة المتجددة. ويمكن تخزين كميات

كبيرة من الطاقة المتجددة من خلال رفع المياه إلى خزانات عالية، ثم استعادتها كطاقة كهرمائية حينما يكون ذلك ممكناً، ويمكن استخدام الهواء المضغوط لتخزين الطاقة بكلفة معتدلة، وهي حوالي 0.01 دولار لكل كيلوواط ساعي (Turkenburg 20000).

ما لا شك فيه أن عملية التحول نحو أشكال الوقود ذات الكفاءة العالية والطاقة المتجددة ستؤدي إلى رابحين وخاسرين، لكن عدد الرابحين أكبر بكثير من الخاسرين، وذلك يعود إلى أن إجراءات تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة تتميز بأنها لامركزية وتنتشر على نطاق واسع (IEA 2001h). وسيجري غالباً استهلاك معظم الطاقة المتجددة محلياً في الأماكن التي تولَّد فيها (Flavin and Dunn 1999). وتدعم إجراءات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة فرص عمل أكثر منسوبة لوحدة الطاقة المنتجة أو تلك التي يجري توفيرها، لكن يجب عدم تجاهل الآثار الاقتصادية السلبية التي قد تصيب بعض الأطراف، وهذا بالطبع أمر مهم سواء من وجهة نظر العدالة أو للتخفيف من المعارضة السياسية لهذا التحول.

بالنسبة للخاسرين المحتملين، تحتاج الدول المصدرة للنفط ومناطق إنتاج الفحم إلى تعويضات نتيجة تحولها عن مصادر الطاقة الأحفورية. ومن البدائل الجزئية المطروحة تطوير صناعات بديلة في هذه المناطق، وبالطبع صناعات الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة. في الولايات المتحدة الأمريكية يمكن تأسيس صناعات الوقود الحيوي في أماكن إنتاج الفحم مثل أبالاشيا Appalachia*، بينما يمكن تأسيس مشاريع طاقة الرياح وصناعاتها في الولايات الغربية التي تعتبر من المنتجين الكبار للوقود الأحفوري في الوقت الحاضر، ويمكن إنشاء صناعات الطاقة الشمسية في Oil Patch، ويمكن أيضاً إنشاء صناعات الطاقة الشمسية وإنتاج الهيدروجين في منطقة الخليج، وحالما تتأسس هذه

* هي المناطق التي تقع في شرق الولايات المتحدة والممتدة بين ولاية نيويورك وولاية ألباما، وتشمل مناطق ريفية وصناعية ويعيش في هذه المنطقة أكثر من 20 مليون نسمة، وتبلغ مساحتها تقريباً مساحة المملكة المتحدة. (المترجم)

الصناعات يجب بذل كل الجهود الممكنة لاستيعاب العمالة التي خسرت أماكنها من قطاع الوقود الأحفوري.

تتسم التحديات البيئية التي تواجه عملية التحول هذه بطابع فردي يتعلق بنوعية الطاقة المتجددة المستخدمة. على سبيل المثال، يمكن لعملية إنتاج الطاقة الحيوية أن تساهم في التصحر، وذلك إذا كان إنتاجها لا يستند إلى أسس مستدامة، إضافة إلى أن الطاقة الحيوية يمكن أن تساهم في تأكُّل التربة أو فقدان التنوع البيئي إذا ما أسيء اختيار موقعها وإدارتها. من جهة أخرى يمكن للطاقة الحيوية أن تساهم في تلوث الهواء إذا أُحرق الوقود الحيوي من دون استخدام أنظمة التحكم بالتلوث. ويمكن تجنب هذه الآثار السلبية باستخدام الأرض المتأثرة والأراضي الزراعية الفائضة، وتطبيق معايير بيئية صارمة على إنتاج وتحويل الطاقة الحيوية (Turkenburg 2000).

يؤدي التوسع في استخدام الطاقة الكهرمائية إلى غمر مناطق واسعة من الأراضي وانخفاض الثروة السمكية في الأنهار، وإلحاق الضرر بالمناطق الواقعة على مجرى النهر ونزوح عدد كبير من السكان. لكن يمكن التخفيف من هذه الآثار السلبية باستخدام التقنيات المتطورة وتصميم السد بحيث يراعي بعمق كافة القضايا وإدارة الماء بشكل أمثل.

على كل حال تجب دراسة الآثار الاجتماعية والبيئية بإمعان قبل الشروع في بناء مشاريع كهرمائية جديدة، ومن الطبيعي أن تحد هذه الآثار من التوسع في مشاريع الطاقة الكهرمائية في بعض البلدان، ونفس الشيء ينسحب على بعض البلدان الأخرى المنتجة للغاز الطبيعي، فقد يحد ذلك من إنتاجه مثلاً في المحميات. على أي حال لن تستطيع هذه العقبات أن تقف في وجه ثورة الطاقة النظيفة في هذا القرن مادامت تحقق تقدماً كبيراً في مجال تحسين كفاءة الطاقة، وفي مجال تطوير مجموعة راسخة من تقنيات الطاقة النظيفة.

هناك بعض التحديات البيئية الأخرى المتعلقة بطاقة الرياح والطاقة الشمسية. على سبيل المثال، يعوق انتشار طاقة الرياح في بعض المناطق مشكلة الضجيج الذي تصدره والأثر البصري، إضافة إلى آثارها السلبية الأخرى على الطيور، وتشكل مصدراً آخر

للقلق. من جهة أخرى تحتوي بعض الخلايا الكهرضوئية على بعض المواد الخطرة مثل الكادميوم، وتتطلب معايير أمان في إنتاجها ثم التخلص منها أو إعادة تدويرها. وبرغم هذه الآثار السلبية التي يجب التصدي لها ومعالجتها، تظل طفيفة مقارنة بالآثار السلبية التي ترافق التعامل وتقنيات الطاقة التقليدية (Turkenburg 2000).

يمثل قطاع النقل تحديات فريدة ذات طابع خاص في وجه الانتقال نحو مستقبل تسود فيه الطاقة النظيفة، ويعود السبب في ذلك إلى النمو السريع في استخدام الطاقة في هذا القطاع والاعتماد الكبير على النفط كوقود أساسي في معظم الدول (بالطبع ليس في كل الدول).[3] وكما سيتضح في القسم القادم، تعتبر السيارات العاملة على خلايا الوقود والهيدروجين من الخيارات الواعدة على المدى الطويل لقطاع النقل في المستقبل الذي تهيمن عليه الطاقة النظيفة.

تحديات قطاع النقل

لقد ازداد حجم أسطول السيارات في العالم عشر مرات خلال الخمسين سنة الماضية، فوصل إلى 700 مليون سيارة عام 1998. ويتوقع أن يزداد هذا الرقم من 3 إلى 5 أضعاف خلال الخمسين سنة المقبلة (Birky et al. 2001). يستلزم هذا النمو استخدام الوقود وبخاصة النفط في قطاع النقل، ما لم يتدارك ذلك بإنتاج سيارات ذات كفاءة عالية وتعمل على أشكال أخرى من الوقود.

يرتفع استخدام الآليات ولا سيما في الدول النامية بشكل كبير، بسبب صغر أسطولها من السيارات في الوقت الحاضر، مثلاً في الصين لكل مئة شخص هناك آلية، وهو أقل من المعدل الذي كان سائداً في الولايات المتحدة عام 1912 (Birky et al. 2001). ويتوقع أن يزداد استخدام الطاقة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل بنسبة 140٪ في الدول النامية خلال المدة 1997–2020، وهي أعلى بكثير من المعدل المتوقع في مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) أو مجموعة الدول ذات الاقتصاديات المتحولة (IEA 2001a).

جرى في الفصول السابقة استعراض بعض السياسات الموجهة لتخفيض استخدام النفط والانبعاثات في قطاع النقل، ومن تلك السياسات برنامج وقود الإيثانول في البرازيل، ومعايير كفاءة الوقود للسيارات في الولايات المتحدة الأمريكية، والاتفاقات الطوعية لتخفيض استخدام الوقود وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في السيارات الجديدة في الاتحاد الأوربي.

وتم أيضاً تسليط الضوء على بعض الأمثلة في مجال النقل الفعال في المدن واستخدام الأرض بكفاءة. لكن بشكل عام، إذا قارنا ما حدث على صعيد المحاولات الرامية إلى تشجيع استخدام الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء، أو تحسين كفاءة الطاقة في الصناعة وفي قطاع البناء، نجد أننا في بداية الطريق فيما يتعلق بتبني السياسات اللازمة لتحفيز استخدام وقود نظيف، وتحسين كفاءته في هذا القطاع.

لقد طوَّر صانعو السيارات تقنيات واعدة لمحركات السيارات منها: سيارات مزودة بمحركات تقليدية ذات كفاءة عالية، وسيارات كهربائية هجينة تحوي محرك احتراق داخلي صغيراً، إضافة إلى نظام تخزين للطاقة الكهربائية، والسيارات العاملة على خلايا الوقود. هذا، وقد بدأ الإنتاج بالجملة للسيارات الكهربائية الهجينة التي تتميز بمستوى منخفض من الانبعاثات، وتصل كفاءتها إلى ضعف السيارات التقليدية. أما بالنسبة للسيارات العاملة على خلايا الوقود فسيبدأ الاستغلال التجاري لها خلال السنوات القليلة القادمة (Friedman et al. 2001). إن تبني مجموعة من السياسات مثل: التوسع في البحث والتطوير والتوعية RD&D، والحوافز المالية، واتفاقيات طوعية مع المصنعين، ومعايير إلزامية لكفاءة الطاقة والانبعاثات على مستوى العالم، بحيث يتم إحداث نمو سريع لسوق السيارات المبتكرة هذه، وبالتالي تنخفض الكلفة بسبب الإنتاج بالجملة، والأثر التعليمي، سيؤدي ذلك كله إلى ارتفاع معدل كفاءة الوقود في السيارات بما يقارب 50٪ خلال العقد القادم، وسيستمر في التحسن على المدى الطويل.

تعد عملية تحسين كفاءة الوقود في السيارات فرصة ثمينة للتنسيق السياسي والعمل المشترك على المستوى الدولي، وبخاصة أن إنتاج السيارات وتسويقها يجري عبر شركات متعددة الجنسيات على نطاق عالمي. لسوء الحظ لا يوجد في الوقت الحاضر جهود منظمة في هذا المجال، سواء قيد التنفيذ أو قيد المناقشة خارج الاتحاد الأوربي، ويعود السبب في غالبيته إلى عدم وجود آلية أو وكالة دولية تتولى هذه المهمة. ويمكن التغلب على هذه العوائق بتأسيس وكالة دولية لتطوير كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. إلى ذلك يمكن التوفيق بين السياسات الموجهة لتحسين المعدل الوسطي لكفاءة الوقود في السيارات الحديثة والسياسات التي تخفض من الانبعاثات من محركات السيارات التي تسبب الضرر للصحة العامة (EF 2001).

ليست زيادة كفاءة السيارات بحد ذاتها هي الحل لمشكلة الطاقة في قطاع النقل، وذلك بسبب النمو المتوقع في أسطول السيارات العالمي، والاعتماد الكبير على المشتقات النفطية في الوقت الراهن. وتبدو الحاجة ماسة على المديين القصير والمتوسط إلى أشكال جديدة من الوقود في قطاع النقل، مثل الاستخدام المتزايد للغاز الطبيعي (أو أي وقود آخر مستخلص منه)، إضافة إلى الوقود المستخلص من مصادر متجددة، ومن المرشحين الأقوياء في هذا المجال الإيثانول والميثانول (ويُستخلصان من الوقود الحيوي السيلولوزي)، والهيدروجين المستخلص من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح أو أشكال أخرى من الطاقة المتجددة. على أي حال لا يمكن بعد تحديد أي نوع من أشكال الوقود سيحل محل البنزين ووقود الديزل مع مراعاة الاعتبارات البيئية والاقتصادية (Ahman, Nilsson, and Johansson 2001). ولذلك يجب استمرار البحث والتطوير والتوعية على بدائل متعددة للوقود، وبشكل مكثف، ويجب أن يستكمل ذلك بالسياسات اللازمة لخلق أسواق مثل الحوافز المالية للمنتجين والمستخدمين الأوائل، واستثمار القطاع العام في البنية التحتية للتوزيع، وفرض معايير لمحتوى الوقود المستخدم من الطاقة المتجددة بحيث تتمكن أشكال الوقود ذات الأساس المتجدد من اقتحام سوق وقود السيارات بسرعة في كثير من دول العالم الأخرى.

يمكن للسيارات العاملة على خلايا الوقود أن تؤدي دوراً هاماً في مواجهة التحديات التي يواجهها قطاع النقل في العالم، وذلك إذا ما خفّضت كلفتها بشكل كافٍ.[4] وتدار خلايا الوقود بالهيدروجين الذي يمكن الحصول عليه من مصادر مختلفة، سواء من مصادر الوقود الأحفوري أو من الطاقة المتجددة. وتتميز السيارات العاملة على خلايا الوقود وتحمل الهيدروجين على متنها بأنها عالية الكفاءة وتصدر فقط بخار الماء. تجهز السيارات العاملة على خلايا الوقود على متنها بنظام إنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي أو الميثانول أو حتى من البنزين، وهذا يعني أنه ليس من الضروري تزويد السيارة بالهيدروجين ثم تخزينه على متن السيارة. لكن من جهة أخرى يتميز نظام إنتاج الهيدروجين بأنه مكلف وغير فعال، ويتسبب في إصدار كثير من الملوثات، وذلك إذا ما استُخدم البنزين وقوداً (Dunn 2001).

من المحبذ استخدام السيارات العاملة على خلايا الوقود، وبخاصة من وجهة نظر البيئة والطاقة في الوقت الذي تجري فيه معارضة استخدام البنزين والميثانول في هذه السيارات (Jensen and Ross 2000). ويمكن في البداية استخدام الغاز الطبيعي للحصول على الهيدروجين بشكل لامركزي، واستعمال البنية التحتية المتوافرة لشبكة توزيع الغاز الطبيعي. ومع نمو أسطول السيارات العاملة على خلايا الوقود وانخفاض كلفة الطاقة المتجددة يمكن إنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة، مثل طاقة الكتلة الحيوية والكهرباء من مصادر متجددة، وستظهر الحاجة لبنية تحتية كبيرة جداً لشبكة توزيع الهيدروجين المنتج في منشآت تقطير الوقود الحيوي، لكن يمكن إنتاج الهيدروجين بشكل لامركزي في محطات الإمداد بالوقود، هذا إذا ما استُخدمت الكهرباء.

يجب اعتماد استراتيجية متناسقة لتقديم السيارات العاملة على خلايا الوقود ووقود الهيدروجين، وتوجيه الاستثمارات في مجال السيارات العاملة على خلايا الوقود وتقنيات الوقود المرتبطة بها نحو الخيارات الأكثر نظافة، ويمكن تبرير الحوافز المالية والاستثمارات في البنية التحتية على أساس المكاسب الاجتماعية والبيئية الطويلة الأجل، ويمكن أن تنتج مما تمكن تسميتها ثورة السيارات العاملة على خلايا الوقود ذات الأساس الهيدروجيني،

سواء في الدول الصناعية أو في الدول النامية. وتشمل استراتيجية التحول الهيكلي في السوق نحو السيارات العاملة على خلايا الوقود فرض ضرائب عالية على البنزين ووقود الديزل في الدول التي لا تعكس أسعار السوق فيها الكلف الاجتماعية والبيئية الكاملة التي يتحملها المجتمع، وتقديم الحوافز المالية لإنتاج السيارات المبتكرة، والشراء بالجملة لدعم السوق في المرحلة البدائية، وفرض معايير ملزمة لتحسين كفاءة الطاقة ولتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون على السيارات الحديثة (Ogden, Williams, and Larson 2001).

إن أحد العناصر الأخرى ضمن الاستراتيجية الشاملة للانتقال نحو النقل الأخضر، هو وضع قيود تحدّ من نمو عدد السيارات والشاحنات الخفيفة، وتتوافر في هذا الإطار عدد من الخيارات:

- فرض ضرائب عالية على الوقود أو السيارات.
- ربط التأمين على السيارات بمقدار ما تستهلكه من وقود.
- توسيع وتحسين نوعية النقل العام.
- تشجيع النقل المشترك، والعمل من المنازل، والتجارة الإلكترونية.
- تأمين الخيارات المناسبة والآمنة للدراجات الهوائية والمشاة.
- الحد من التوسع العشوائي في المدن.
- التكامل بين التخطيط للنقل ولاستخدام الأرض.

ويقدّر أن تخفّض هذه السياسات مجتمعةً من الاستخدام الإجمالي للسيارات في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 15٪ على المدى الطويل (Birky et al. 2001, Doniger et al. 2002). ويمكن لهذه السياسات أن تساهم أيضاً في تحقيق تخفيض كبير في استخدام السيارات في الدول النامية مستقبلاً، وهو ما سيؤدي إلى تحسين مواصفات الهواء

داخل المدن وتخفيف الازدحام وتوفير الطاقة، في الوقت الذي تشهد فيه البنية التحتية لقطاع النقل وعدد الآليات نمواً كبيراً في هذه الدول (Bose 1998, Reddy, Anand, and D'Sa 2000).

وبغية مواجهة التحديات التي تواجه قطاع النقل على المدى الطويل، وعلى الأقل حل معضلة النقل الشخصي، يمكن تبني مجموعة من السياسات مجتمعةً تشمل تحسينات كبيرة على كفاءة الوقود في السيارات، والتحول نحو وقود أنظف، وفي النهاية استخدام السيارات العاملة على خلايا الوقود، واتخاذ الإجراءات اللازمة للحد من نمو استخدام السيارات الشخصية.[5] على سبيل المثال، بينت دراسة أعدت لصالح وزارة الطاقة الأمريكية أن إجراء تحسينات كبيرة على كفاءة الوقود في السيارات، مترافقةً واستخدام السيارات العاملة على خلايا الوقود التي تستخدم الإيثانول الحيوي أو الهيدروجين، يمكن أن تخفض استخدام الطاقة الإجمالية في سيارات الركاب بمقدار 64٪، وتخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمقدار 96٪ بحلول عام 2050، وذلك مقارنة بالمستويات المتوقعة في حال ثبات معدل كفاءة الوقود في السيارات واستمرار الاعتماد على النفط كوقود أساسي للسيارات (Birky et al. 2001).

يعود السبب في التحديات التي تواجه قطاع النقل إلى حد كبير إلى نوع السيارة التي يختارها الفرد وإلى طبيعة البنية التحتية التي يختارها المجتمع ككل، ويظهر هذا بانتشار ثقافة النزعة نحو تملك السيارة التي نشأت في الولايات المتحدة الأمريكية، ونُسخت كما هي في دول أخرى. من جهة أخرى تعكس السيارة وخيارات النقل الأخرى بشكل جزئي مستوى الدخل (على سبيل المثال يشتري عديد من العائلات سيارة حالما يسمح دخلها بذلك). لكن يبقى للخيار الشخصي دور هام وبخاصة في المدن عندما يتوافر نظام نقل عام مناسب ويتمتع بمواصفات عالية، وفي هذه الحالة تتوافر خيارات متعددة لأنظمة النقل أمام الأفراد، ويمكن للخيارات الشخصية أن تؤثر في الطلب على الطاقة في المستقبل من خلال ما يتخذه الفرد من قرارات على صعيد حجم الأسرة وطبيعة الحياة.

خيارات النمو السكاني وطبيعة الحياة

يؤثر عديد من التطورات الاجتماعية والثقافية في مستقبل مصادر الطاقة ومستويات الاستهلاك، وبالتالي في صعوبة تحقيق ثورة الطاقة النظيفة في القرن الحالي، ومن العوامل المهمة في هذا المجال النمو السكاني وطبيعة الحياة. ومع أن هذه العوامل تعد من المسلمات عند إجراء الدراسات التحليلية لسياسات الطاقة، فإنه يمكن للسياسات التي تحد من النمو السكاني على مستوى العالم وتخفف من إيقاع الحياة الاستهلاكية المادية في الدول الغنية حالياً أن تساهم في إحداث ثورة الطاقة.

يتوقع أن يزداد عدد السكان في العالم بنسبة 50٪ مع حلول عام 2050، وذلك بفرض نسبة نمو سكاني معتدلة، وستتركز معظم هذه الزيادة في الدول النامية (الإطار 8-2). لكن يمكن ضبط نسبة النمو السكاني بحدود 30-40٪ خلال هذه الفترة نفسها عن طريق بذل الجهود لتخفيض الخصوبة. إن تخفيض النمو السكاني سيسهل عملية التحول نحو مستقبل مستدام بتخفيض استهلاك الطاقة والمصادر الأخرى، ويجب أن يتوافق ذلك وتأمين مصادر الطاقة الحديثة للعائلات الفقيرة التي لا تستخدم الكهرباء أو أشكال الوقود الأخرى في الوقت الراهن، وهذا سيساعد في رفع مستوى المعيشة وخفض النمو السكاني في الدول النامية (Reddy 2000).

ومن السياسات الأخرى التي تساعد في هذا المجال تحسين مستوى الخدمات الصحية والتعليم للنساء بشكل خاص، والتوسع في خدمات تنظيم الأسرة وإقناع الأزواج بتنظيم الأسرة والحد من عدد الأطفال الذين يرغبون في إنجابهم (Kales 2000, UNFPA 2001).

يؤثر أسلوب الحياة في استهلاك الطاقة عبر الخيارات العديدة المتاحة، كأنواع التجهيزات الكهربائية، والبيوت، وما تشتريه العائلات من السيارات، وكيف تستخدم؟ وأين يختار الناس مكان معيشتهم؟ وتزداد مساحة البيوت الحديثة في الولايات المتحدة

الأمريكية وتنتشر الأجهزة التي تستهلك الطاقة، وتزداد السيارات الخاصة حجماً وقوة، ويستمر التوسع العشوائي في الكثير من المدن، وهذا ما أدى إلى نشوء ظاهرة "أثر النمو" Growth effect الذي تخطى ما يسمى "أثر الكفاءة" ما أدى إلى تصاعد استهلاك الطاقة وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، برغم تحقيق معدلات عالية في مجال تحسين كفاءة الطاقة خلال السنوات الأخيرة.

الإطار (8-2)

الحد من النمو السكاني

تضاعف عدد السكان في العالم منذ عام 1960 ليصل عام 2001 إلى 6.1 مليارات نسمة. وسيؤثر النمو السكاني بشدة في الجهود العالمية الرامية للحد من شدة التغيرات المناخية والمحافظة عليها ضمن النسب المسموح بها، وفي مستوى المعيشة في الدول النامية. ومع أن معدل النمو السكاني قد شهد انخفاضاً كبيراً خلال السنوات الأخيرة فمازال عدد سكان العالم يزداد بنسبة 1.2٪ سنوياً. تتوقع الأمم المتحدة أن يصل سكان العالم إلى ما يقارب 9.3 مليارات عام 2050 على اعتبار معدل نمو متوسط (UNFPA 2001). ويتوقع أن يتم كل هذا النمو في الدول النامية التي سيعيش فيها حوالي 85٪ من سكان العالم عام 2050.

يقدر أن نصف الزيادة التي طرأت على الطلب العالمي على الطاقة خلال الفترة 1890–1990 يعود إلى الزيادة السكانية التي حدثت، بينما يعود النصف الباقي إلى زيادة نصيب الفرد من الطاقة (Reddy 2000). إن الحد في المستقبل من النمو السكاني سيؤدي إلى تخفيض استهلاك الطاقة العالمي. وتحسين نوعية إمدادات الطاقة وكفاءتها في الدول النامية، وخاصة في المناطق الريفية، سيحسن مستوى المعيشة، وبالتالي سيساهم في تخفيض معدلات الخصوبة والنمو السكاني، فقضية الطاقة لها أبعاد متعددة ومتشابكة (Reddy 2000).

لقد تمكنت دول عديدة مثل بنجلادش، وكوريا الجنوبية، وسنغافورة، وتايلاند، وكولومبيا من خفض معدل الخصوبة من خلال تبني سياسات لتخفيض النمو السكاني، إضافة إلى تحسين الخدمات الصحية والتعليم للنساء والتوسع في خدمات تخطيط الأسرة (WRI 1998). لكن من جهة أخرى يبلغ عدد النساء في العالم اللائي لا تتوافر لديهن خدمات منع الحمل حوالي 350 مليون امرأة. وبالتالي فإن 40٪ من حالات الحمل في العالم غير مرغوب فيها على الأقل بالنسبة للمرأة (Engelman, Halweil and Nierenberg 2002). وتعتبر المبادرات المتعلقة بالتخطيط الأسري والخدمات الصحية معتدلة بكلفتها ولها طيف واسع من الفوائد، ابتداءً من التخفيف من وطأة الفقر والتدهور البيئي وخفض انبعاثات غاز CO_2 وغازات الدفيئة الأخرى (UNFPA 2001).

إن خفض عدد السكان في الدول الغنية أمر مهم بسبب حصة الفرد العالية من الطاقة ومن المصادر الأخرى في هذه الدول، ففي الولايات المتحدة على سبيل المثال، سيزداد عدد السكان بمقدار 50 مليوناً خلال العشرين سنة القادمة (والسبب الرئيسي في ذلك هو الهجرة)، وسيستهلك هؤلاء الطاقة أكثر مما يستهلك في أفريقيا أو الهند حسب معدلات الاستهلاك الحالية. يمكن خفض النمو السكاني في الدول المتقدمة من خلال رفع المستوى التعليمي وتأمين فرص العمل للعائلات الفقيرة، إضافة إلى التوسع في خدمات التخطيط الأسري لتشمل المواطنين جميعاً، وتلعب الحملات التوعوية دوراً هاماً في إقناع الأزواج في الاقتصار على طفل واحد أو اثنين (Brown, Garner, and Halweil 1998).

لكن ما الأثر الذي تحدثه جهود الحد من النمو السكاني؟ توصلت دراسة أجرتها الأكاديمية القومية الأمريكية للعلوم في الولايات المتحدة إلى أن خفض عدد السكان في العالم عام 2050 بنسبة 10٪ عن الحد المتوقع حدوثه في حال السير على النهج الاعتيادي هو أمر واقعي وممكن تحقيقه (NAS 1999). وهذا يعني تقليص عدد سكان العالم بحوالي مليار نسمة، وبالتالي توفير ما كانوا سيستهلكونه من الطاقة والمصادر الطبيعية الأخرى، وبالطبع فإن هذا سيساعد في عملية التحول نحو مستقبل طاقي مستدام. لكن مع ذلك فإن العالم بحاجة إلى تصعيد الجهود الرامية إلى تحسين كفاءة الطاقة، والتحول نحو مصادر الطاقة النظيفة على نطاق واسع، وذلك لمعالجة كافة القضايا المذكورة في الفصل الأول.

تلعب الخيارات الشخصية دوراً كبيراً في الاستهلاك الإجمالي للطاقة وفي نمو معدل الطلب على الطاقة (Lutzenhiser and Grossard 2000, Schipper 1991). إن محاربة الرغبة في زيادة استهلاك السلع المادية وعقلية "الأكبر هو الأفضل" السائدة في الدول الغنية يمكن أن تلعب دوراً في ثورة الطاقة خلال القرن الحادي والعشرين. كما أن التوجه نحو نمط حياة أقل ماديةً يمكن أيضاً أن يؤدي إلى تحقيق مستوى أعلى من الإشباع الشخصي عبر تخفيض كمية العمل الضروري، وبالتالي توفير وقت أكبر للراحة والتركيز على جوانب أخرى للحياة، مثل العلاقات الإنسانية، والنشاط الاجتماعي، والإبداع، والتمارين والتفاعل مع الطبيعة والتركيز على القيم الروحية (Raskin et al. 2002).

من الصعوبة بمكان تغيير نمط الحياة في الدول الغنية، حيث تروج الكثير من المؤسسات والفعاليات لنمط الحياة الاستهلاكي وثقافة "الأكبر هو الأفضل"، والتي تعمل في حقول متعددة، ابتداءً بالشركات ذات المصالح، والإعلان، والثقافة الشعبية (التلفزيون والسينما...الخ). ويعبّر جزء كبير من المجتمع في الولايات المتحدة الأمريكية عن قلقهم على البيئة وسخطهم على المادية (Ray and Anderson 2000)، لكن القليل من الناس فقط هم الذين قاموا بتعديل سلوكهم بحيث تتوافق وهذه القيم.

ومن الأشياء التي تساعد أيضاً على تغيير نمط الحياة الاستهلاكي: الجهود التعليمية، واستخدام النموذج الذي يحتذى به، بالإضافة إلى السياسات التقليدية الأخرى، كالضرائب والحوافز المالية (Gardner 2001). وبنفس الوقت تظهر الحاجة ماسة لمزيد من الأبحاث حول أكثر السبل نجاعةً في التأثير في السلوك الإنساني وتغيير القيم والترويج لأنماط الحياة الأقل مادية والتي تتوافق أكثر والمستقبل المستدام (Lutzenhiser and Grossard 2000).

الخلاصة

في الماضي حدثت تحولات الطاقة العالمية خلال عقود عديدة، مدفوعةً بدرجة كبيرة بتطورات تقنية، فعلى سبيل المثال توسع إنتاج الفحم خلال قرن كامل ليحتل مكان

الخشب كمصدر رئيسي للطاقة في العالم أواخر القرن التاسع عشر. ونفس الشيء ينطبق على النفط فقد ازداد إنتاجه على مدى قرن من الزمان قبل أن يتمكن من إزاحة الفحم من مكانه، وذلك في ستينيات القرن الماضي. من السمات المميزة لتحولات الطاقة التي تمت في الماضي أن ندرة مصادر الطاقة لعبت دوراً صغيراً في ذلك، فقد حلت مصادر الطاقة الحديثة مكان القديمة، لأنها كانت مرغوبة أكثر، ويعود السبب جزئياً في ذلك إلى ولادة تقنيات مبتكرة لتحويل الطاقة، وعند المستخدم النهائي لها. فقد استخدم الفحم لأنه ذو كثافة عالية من حيث الطاقة في المحركات والعنفات البخارية، بينما استخدم النفط وقوداً لآليات النقل والطائرات والآليات الأخرى (Grubler 1998).

وعلى القياس نفسه سيستغرق التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة عقوداً عديدة، هذا إذا لم يستغرق القرن الواحد والعشرين بكامله طبعاً بفرض تبني التزام عالمي وسياسات شاملة وقوية لتعزيز هذا التحول. وكما هي الحال في التحولات السابقة فسيتم دفع مسيرة التحول هذه بدرجة كبيرة من خلال نوعيات تقنيات تحويل الطاقة، وعند المستخدم النهائي. تنتج بعض هذه التقنيات على نطاق واسع مثل العنفات الرياحية، وإنتاج وقود الإيثانول، والأجهزة ذات الكفاءة العالية، وأجهزة الإنارة ذات الكفاءة العالية (مع أنها قيد التطوير).

تتوافر بعض التقنيات الأخرى بشكل تجاري على نطاق محدود، مثل الأنظمة الكهرضوئية والسيارات الهجينة. وهناك تقنيات أخرى ماتزال قيد التطوير، مثل السيارات العاملة على خلايا الوقود ومنشآت الطاقة الحيوية وتقنيات وقود الهيدروجين، بينما ماتزال تقنيات أخرى تتطلب الاكتشاف. وستزيح هذه التقنيات الوقود الأحفوري وتقنيات الاستخدام النهائي للطاقة الأقل كفاءة، لأنها تتفوق عليها بالمواصفات، وتم التغلب على العقبات التي تحول دون تبنيها، وليس بسبب نضوب النفط والفحم والسيارات الشرهة للوقود، أو الأجهزة المتدنية الكفاءة أو مصابيح الإنارة العادية.

سيستغرق التحول نحو الطاقة النظيفة عقوداً عديدة، ويعود السبب جزئياً في ذلك إلى أن بعض تقنيات إمدادات الطاقة وتلك المتعلقة بالمستخدم النهائي، تتمتع بعمر طويل. وتدوم البيوت المشيدة حديثاً من 50 إلى 100 عام، بينما يبلغ عمر محطات توليد الطاقة الكهربائية من 30 إلى 50 عاماً (PCAST 1997). يؤثر بناء البيوت ذات الكفاءة المتدنية ومحطات توليد الطاقة العاملة على الفحم، في استخدام الطاقة لعقود عديدة. وسيظل الفحم مصدراً للكهرباء وتغذية المراجل، ولعقود عديدة بشكل خاص في الصين التي تعتمد بشدة على الفحم، حتى لو كانت جميع مصادر الطاقة الحديثة متجددة أو ذات أساس متجدد. سيتطلب الأمر عقوداً عديدة للسيارات العاملة على خلايا الوقود لتسيطر على السوق بشكل كامل (Ogden, Williams, and Larson 2001). إضافة إلى ذلك يؤثر تصميم الضواحي السكنية في الوقت الحاضر في استهلاك الطاقة لعدة قرون مقبلة (IEA 2001h).

إن هذه القيود الزمنية يرجع إليها عادة على أنها عطالة نظام الطاقة، وقد تبين أنه من الضروري جداً التعجيل بدلاً من تأخير ثورة الطاقة النظيفة، ويجب أن يبدأ التحول الآن كما ورد في سيناريو الطاقة النظيفة، وذلك لتجنب الطريق المسدود الذي يمكن أن نصل إليه في حال الاعتماد على البنية التحتية، والتقنيات المتدنية الكفاءة والمسببة للتلوث بشكل كبير، وبخاصة في الدول النامية التي تشهد نمواً كبيراً. ويؤدي تأخير التحول إلى زيادة الانبعاثات الملوثة والمخاطر الكارثية للتغيرات المناخية (O'Neill and Oppenheimer 2002). وسيحد التأخير أيضاً من التطورات التقنية التي من الممكن أن تنتج من عملية "التعلم من العمل" وبالتالي يجعل من عملية التحول صعبة ومكلفة (Shneider and Azar 2001).

في الواقع إن تسريع هذا التحول وإطلاق شرارة ثورة الطاقة النظيفة سيعطي مكسباً مهماً آخر، إنه سيبني ما تمكن تسميته "تحالفاً من أجل التغيير"، وهذا أمر مطلوب للتغلب

على العقبات السياسية التي تمنع تبني سياسات شاملة وقوية في بعض الأماكن، وبخاصة في الولايات المتحدة (Gardner 2001). وكما ذكر في الفصل الخامس، تمكن قطاع صناعة السيارات والوقود الأحفوري من الوقوف في وجه تبني أي سياسات رئيسية على المستوى القومي لدفع تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة قدماً نحو الأمام. لكن التقدم في هذا المجال في الدول الأكثر تطوراً والولايات والبلديات سيؤدي إلى حشد صناعة الطاقة النظيفة، إضافة إلى التفهم والدعم الذي تلقاه هذه السياسات والتقنيات في صفوف المجتمع المدني.

ومع تعاظم النفوذ الاقتصادي والسياسي لتحالف الطاقة النظيفة فإنه سيسود في النهاية بعد معركة سياسية صعبة، والمثال على ذلك النضال من أجل فرض معايير صارمة لاستهلاك الوقود في السيارات، وفرض التزامات خاصة بالطاقة المتجددة، والالتزام بتخفيض الانبعاثات على المستوى القومي في الولايات المتحدة.[6]

لا يمكن إنجاز ثورة الطاقة النظيفة بشكل أحادي أو من خلال أعمال تقوم بها مجموعة معينة من الدول، بل يجب على كافة الدول الغنية والفقيرة أن تتعاون عاجلاً أو آجلاً لتحقيق هذا الهدف. قد يكون لكل دولة حافز مختلف، وقد تتبنى سياسات وتقنيات مختلفة أيضاً، لكن الشيء الواضح هو أن معظم الدول ستستفيد من عملية التحول هذه. وفي عالم تهدده النزاعات المسلحة سواء حول المصادر الأولية أو النزاعات الاجتماعية التي تهدد أمن جميع المواطنين، فإن التفاف العالم دولاً وأفراداً حول هدف واحد مشترك يعتبر بحد ذاته مكسباً آخر لثورة الطاقة النظيفة العالمية.

لقد وصف دانييل يرجين القرن العشرين بأنه قرن النفط (Yergin 1991)، وفي الحقيقة كان قرن النفط والفحم. ولكن بماذا سيعرف القرن الواحد والعشرون؟ يمكن أن يعرف بأنه قرن الطاقة المتجددة والمستكملة بالغاز الطبيعي أثناء تحول العالم عن الوقود الأحفوري. وسيتميز هذا القرن أيضاً بالهواء النظيف وارتفاع درجة حرارة الأرض بشكل

معتدل، وانخفاض كلفة خدمات الطاقة، وأمن أكبر واعتماد على مصادر الطاقة المحلية، ورفع مستويات المعيشة لجميع السكان في العالم. وأما البديل فهو قرن يعتمد بشكل أكبر على الوقود الأحفوري بما فيها النفط والفحم.

ستسوء في هذا القرن مواصفات الهواء، وتتسارع الأخطار الكارثية لظاهرة الدفيئة، وتتصاعد الأخطار الأمنية مع نضوب المصادر وارتفاع كلف خدمات النفط، واستمرار البؤس لجزء كبير من سكان العالم. بين أيدينا السياسات والاستراتيجيات للانتقال نحو مستقبل مستدام من حيث الطاقة، وتقع مسؤولية اختيار مستقبل الطاقة على عاتقنا.

ملحق

الفرضيات الأساسية لسيناريو الطاقة النظيفة العالمي

- يراوح معدل النمو الاقتصادي خلال القرن بين 2.2٪ سنوياً على مستوى العالم، ومعدل نمو 1.7٪ سنوياً بالنسبة لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، بينما يصل في الدول ذات الاقتصاديات المتحولة إلى 2.5٪ سنوياً، وفي الدول النامية 3.2٪ سنوياً، وهذه المعدلات هي نفسها تقريباً المعتمدة في سيناريو المعهد الدولي لتحليل الأنظمة التطبيقية ومجلس الطاقة العالمي (IIASA-WEC)، الذي يفترض إعطاء الأولوية لتوزيع أكثر عدالة للثروة في مختلف أنحاء العالم.

- تتناقص كثافة الطاقة (وهي استخدام الطاقة منسوباً للناتج المحلي الصافي) بنسبة 2.2٪ سنوياً في دول مجموعة منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، وبنسبة 2٪ سنوياً في الدول ذات الاقتصاديات المتحولة والدول النامية. ويمكن أن تحقق دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية معدلاً أعلى من ذلك الذي تحقق خلال المدة 1970-2000 والبالغ 1.5٪ سنوياً. إن ما تحقق في الماضي يمكن أن يتحقق في المستقبل إذا تضافرت الجهود لتحسين كفاءة استخدام الطاقة (طالع أمثلة ذلك في الفصل الخامس)، وتعد المعدلات التي حققتها الدول النامية والدول ذات الاقتصادات المتحولة أقل بكثير مما استطاعت الصين تحقيقه على مدى عقود. ويمكن تحقيق هذه المعدلات من خلال استمرار الجهود المنظمة للتحديث وتحسين كفاءة استخدام الطاقة على المدى الطويل.

- تتزايد امتدادات الطاقة المتجددة في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وفي الدول النامية بنسبة 3٪ سنوياً، وبنسبة 4٪ في الدول ذات الاقتصادات المتحولة، وذلك حتى عام 2050. ويرجع السبب في ارتفاع المعدل في الدول المتحولة لكون نقطة البداية منخفضة. وبحلول عام 2050 ستحافظ دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية والدول النامية أيضاً على نسبة نمو للطاقات المتجددة تقدر بـ 2٪ سنوياً،

وستقدر تلك النسبة في الدول ذات الاقتصاديات المتحولة بـ 3٪ سنوياً. وتتوافق معدلات النمو هذه مع معدلات النمو القائمة في الدول نفسها ومعدلات التقدم التقني (على سبيل المثال، تنمو طاقة الرياح والطاقة الشمسية بنسبة راوح بين 20٪ و30٪ سنوياً على مدى عقدين على الأقل). وفي الواقع، يمكن أن تنمو إمدادات الطاقة المتجددة بنسبة تصل إلى 4٪ سنوياً في الولايات المتحدة خلال العقدين القادمين، إذا اعتمدت سياسة قوية على المستوى القومي لدعم الطاقات المتجددة (انظر الفصل الخامس).

- يتزايد استخدام الغاز الطبيعي بنسبة 2٪ سنوياً حتى عام 2020، ثم يثبت خلال الفترة 2020-2050، ثم ينخفض تدريجياً بعد عام 2060. ولا يعد معدل زيادة استخدام الغاز الطبيعي في المدى المنظور مرتفعاً بالمقارنة مع معدلات النمو المتوقعة في تنبؤات السيناريو المعتاد، حيث تتوقع هذه التنبؤات زيادة استخدام الغاز الطبيعي بنسبة راوح بين 3٪ و4٪ سنوياً حتى عام 2020 (IEA 2000a, EIA 2000b).

- يتناقص استخدام النفط والفحم والطاقة النووية بمقاييس مطلقة خلال هذا القرن، بما يتفق والافتراضات الأخرى. ويفترض أن ينخفض استخدام الفحم بنسبة 32٪ عام 2030، وبنسبة 75٪ بحلول عام 2050. ومع نمو الطاقات المتجددة والغاز الطبيعي كمصادر للطاقة الكهربائية، فإن استخدام الفحم سينخفض بمعدل أسرع (طالع الأمثلة في الفصل الخامس). ومن جهة أخرى، يشكل النفط تحدياً أكبر؛ إذ ينخفض استخدامه بنسبة 1٪ سنوياً خلال السبعين عاماً القادمة على فرض بذل جهود كبيرة لتحسين كفاءة استخدام الوقود في السيارات واستخدام أشكال نظيفة من الوقود والحد من استخدام السيارات الشخصية. ويفترض أن ينخفض استخدام النفط بحدة بعد عام 2070 عندما تصل تقنيات استخلاص الوقود من مصادر الطاقة المتجددة مرحلة النضج. أما الطاقة النووية فتنتهي تدريجياً خلال الخمسين عاماً القادمة مع إحالة المنشآت النووية الحالية للتقاعد.

الهوامش

الفصل الأول

1. تشمل الطاقة المتجددة: الطاقة الحيوية، والطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة المائية، والطاقة الحرارية لجوف الأرض.

2. جرى إعداد سيناريوهات الطاقة المتعددة هذه من قبل فريق متعدد الجنسيات برعاية المعهد الدولي لتحليل الأنظمة التطبيقية International Institute for Applied System Analysis (IIASA)، ومجلس الطاقة العالمي (WEC). انظر: (Nakicenovic, Grubler, and McDonald 1998).

3. يعرف الاعتماد على النفط بأنه ذلك الجزء من استهلاك النفط الإجمالي، والذي يغطى من خلال توريده من الخارج (الواردات ناقصاً الصادرات).

4. تقوم الصين حالياً بإنشاء سد الصين العظيم ذي الثلاث قنوات، والذي يعد من أكثر المشاريع الكهرمائية إثارة للجدل. تقوم الصين بتنفيذ هذا المشروع الضخم بغض النظر عن كونه سيتسبب بنزوح أكثر من مليون شخص، إضافة إلى طيف واسع من الأعراض البيئية السلبية في المنطقة.

5. تحسب كفاءة الطاقة اعتماداً على القيمة الحرارية العليا للوقود المستخدم.

6. يحدث التسبب بالانبعاثات الغازية المسببة لظاهرة الدفيئة بسبب الطاقة اللازمة لمعالجة الوقود النووي، وفي بناء منشأة توليد الطاقة النووية، والتخلص من النفايات النووية، وفي حال إيقافها عن العمل، ينطبق نفس الشيء على بناء وإنتاج المواد التي تدخل في صناعة المواد التي تدخل في منشآت أنواع الطاقة المتجددة، لكن بالنسبة للطاقة النووية وأنواع الطاقة المتجددة تنخفض نسبة الغازات المسببة لظاهرة الدفيئة لكل كيلوواط ساعي بنسبة 90٪ مقارنة مع المحطات العاملة على الفحم، وهي أقل بكثير من المحطات العاملة على الغاز (Holdren and Smith 2000).

7. قلصت وزارة الطاقة الأمريكية من تمويلها للبحث والتطوير في مجال الانشطار والاندماج النووي بنسبة 70٪ خلال 1989-2000.

الفصل الثاني

1. أُعدّ هذا القسم إضافة إلى المراجع المذكورة فيه استناداً إلى المصادر التالية:

Brown 2001, Eto, Goldman and Nadel 1998, Jochem 2000, Martinot and McDoom 2000, and Reddy 1991.

2. المعدل المقبول لعائد الاستثمار hurdle rate هو معدل العائد المطلوب على الاستثمارات المحتملة.

3. تدخل تكاليف التحكم بالتلوث في أسعار الطاقة، لكن هناك الكثير من التلوث لا يتم التحكم به كالانبعاثات المسببة لظاهرة الدفيئة والتي تؤدي إلى التغيرات المناخية.

4. تشمل نشاطات إدارة جانب الطلب: برامج تحسين الكفاءة وإزاحة الحمل.

5. لقد مارست صناعات الوقود الأحفوري وحلفاؤها على سبيل المثال ضغوطاً كبيرة لمنع الكونجرس من فرض ضريبة صغيرة على الطاقة اقترحها الرئيس كلنتون عام 1993.

6. اعتمد هذا القسم على المصادر التالية .IEA 1997b, Martinot, and McDoom 2000, Nogee et al 1999, فضلاً عن المراجع المذكورة.

7. "بدل النضوب" depletion allowances هو عبارة عن تخفيض ضريبي يمنح للشركات استناداً إلى استخراج احتياطيات الوقود الأحفوري.

الفصل الثالث

1. تُكلَّف مؤسسات الطاقة في المملكة المتحدة بتنفيذ برامج لتحسين كفاءة الطاقة.

2. إن محتوى الكربون في الفحم بالنسبة لوحدة الطاقة أكبر بحوالي 80٪ من الغاز الطبيعي، وبالتالي فإن ضريبة الكربون تؤثر بشكل غير متناسب في أسعار الفحم، وهذا يؤدي من جهة أخرى إلى منح مزايا إضافية للوقود ذي المحتوى المنخفض من الكربون والطاقة المتجددة.

3. من الجدير بالملاحظة أن نظام (PURPA) يعاني بعض العيوب التي تتجلى في المتطلبات التي يفرضها، مثل انخفاض الحد الأعلى لكفاءة الطاقة نسبياً، ولا تقدم أي بدلات أو تعويضات لتعديل العقود نتيجة تغير النفقات التي يتم توفيرها مع الزمن.

4. جرى تعديل هذه البرامج في أواخر تسعينيات القرن الماضي لتعكس الأداء الكامل للبناء من وجهة نظر الطاقة، وتمنح الأبنية التجارية اليوم التصنيف Energy Star® إذا ما كانت ضمن فئة 25٪ من الأبنية الأعلى كفاءةً في استخدام الطاقة.

5. تتألف الطاقة الخضراء عادة من محتوى عالٍ من الطاقة المتجددة وتصل في بعض الأحيان إلى 100٪.

6. إن أحد الأسباب التي جعلت تقنيات طاقة الرياح قادرة على منافسة تقنيات الوقود الأحفوري أنها تلقت حوافز ضريبية 1.7 سنت لكل كيلوواط ساعي منتج من الحكومة الفيدرالية.

7. لم تتبنَّ الولايات في شمال غرب المحيط الهادي سياسة معيار محفظة الطاقة المتجدد RPS، لكنها تبنت سياسات أخرى لتطوير الطاقة المتجددة، مثل إلزام مؤسسات الطاقة بتقديم خيار التغذية من الطاقة الخضراء للمستهلكين.

8. يعمل معيار الوقود المتجدد بنفس المبدأ الذي يعمل به نظام RPS بالنسبة للطاقة الكهربائية.

الفصل الرابع

1. اعتمد هذا التقدير على معطيات رسمية للناتج المحلي الإجمالي (GDP) ويبدو أن الحكومة الصينية قد بالغت في تقديره، وتشير معطيات أكثر دقة إلى أن إجمالي الناتج المحلي في الصين وصل إلى 7.6٪ سنوياً، بينما بلغ حسب المعطيات الحكومية 9.8٪ سنوياً خلال الفترة 1980–1999 (Sinton and Fridley 2000). على أي حال وبغض النظر عن هذا الاختلاف، فإن كثافة الطاقة قد انخفضت بشكل كبير خلال العقدين الماضيين.

2. يعود السبب الرئيسي الكامن وراء العجز الذي حصل في الطاقة عام 2001 إلى الاستثمارات غير الكافية في قطاع إمدادات الطاقة في السنوات الأخيرة، إضافة إلى الجفاف الذي أدى إلى انخفاض الاستطاعات الكهرمائية في بعض أجزاء البرازيل.

3. يستند تحسين كفاءة الطاقة إلى نسبة استخدام الطاقة الأساسية إلى وحدة الناتج. تبنّى 23 قطاعاً تحقيق هدف يتمثل في تحسين كفاءة الطاقة بنسبة 20٪، بينما هدفت خمسة قطاعات إلى تحقيق تحسن مقداره أقل من 20٪، وهدفت تسعة قطاعات إلى تحقيق نسبة أعلى من 20٪.

4. يفترض هذا الرقم، حسبما يصطلح عليه في البرازيل، تقويم الطاقة الكهرمائية بما يكافئها من الطاقة الحرارية للمازوت الذي يستخدم لإنتاج نفس الكمية من الطاقة في منشآت الطاقة الكهرحرارية.

5. خلال الفترة 1990–2000 تمت تغطية 49٪ من الزيادة في إنتاج الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة الأمريكية من المحطات العاملة على الفحم و28٪ من الغاز الطبيعي، وفقط 3٪ من المصادر المتجددة غير الكهرمائية (EIA 2001a). وارتفعت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الإجمالية بنسبة 26٪ في الولايات المتحدة خلال الفترة ذاتها (EIA 2001c).

الفصل الخامس

1. تستند هذه الأرقام إلى استهلاك الطاقة التجارية، وتستبعد الخشب والمصادر الأخرى التقليدية غير التجارية.

2. تشمل سيارات الركاب: السيارات السياحية، وسيارات الدفع الرباعي، والميني فان، وشاحنات البيك أب.

3. تم في هذا التقدير إجراء التصحيحات اللازمة، والأخذ بالحسبان التضخم والناتج المحلي الإجمالي بأسعار الدولار الثابتة عام 1999.

4. تعد وكالة معلومات الطاقة أحد أفرع وزارة الطاقة الأمريكية، ومهمتها جمع البيانات والتنبؤ في مجال الطاقة.

5. تعزى هذه الأرقام والوفورات إلى سياسات أخرى هنا، وهي تأتي من القسم الوارد في هذا الفصل والمعنون: الطاقة والآثار الاقتصادية والبيئية.

6. ستستخدم الزيادة في التمويل هذه في البحث والتطوير والتدريب والتعليم، إضافة إلى النشاطات الموجهة نحو النشر.

7. يمكن اعتبار انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون سالبة إذا تم إنتاج الكهرباء والإيثانول بشكل مشترك، وكانت الانبعاثات التي تم تجنب إطلاقها من محطات توليد الطاقة أكبر من الانبعاثات من إنتاج ومعالجة الطاقة الحيوية.

8. يستخدم نظام نمذجة الطاقة القومي (NEMS) من إدارة معلومات الطاقة بوزارة الطاقة DOE/EIA لتقدير هذه الآثار، ويعتبر هذا النظام نموذجاً حاسوبياً يمكن من خلاله التنبؤ باستهلاك الطاقة وإمداداتها في المستقبل، استناداً إلى تقنيات الطاقة وخيارات الوقود لكل قطاع وللمستهلك النهائي. وهي تأخذ في الحسبان أيضاً نوعية التقنيات، ومعدل حجم المبيعات الإجمالي للأجهزة والبارامترات المالية والسلوكية (EIA 2000e).

9. قام بهذه الدراسة معهد Tellus Institute في بوسطن في ولاية ماساشوسيتس، وهي نسخة موسعة من الدراسة التي قام بها المجلس الأمريكي للاقتصاد الذي يستخدم الطاقة بكفاءة (ACEEE) ومعهد Tellus (Nadel a nd Geller 2001) .

10. في تحليل الكلفة والعائد تم افتراض حسم حقيقي مقداره 5٪، ويساهم معدل الحسم في تخفيض الكلف المستقبلية والمكاسب بسبب القيمة الزمنية للنقود time value of money.

11. يعبر عن هذه الكلف جميعاً بقيمة الدولار عام 1999.

12. جرى تضمين أثر التغذية العكسية لأسعار الطاقة المنخفضة على الطلب على الطاقة في تحليل سيناريو الطاقة النظيفة.

13. تسري أهداف معاهدة كيوتو على ستة أنواع من الغازات المسببة لظاهرة الدفيئة، ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون من أهمها (الجدول 1-1). بالنسبة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن نشاطات الطاقة فإن الهدف الذي يتمثل في تخفيض 7٪ عن المستوى السائد عام 1999 في الولايات المتحدة يعادل 1257 مليون طن متري مكافئ كربون.

الفصل السادس

1. جرى في هذا الفصل استخدام الدولار الأمريكي كوحدة مالية ويعادل 2.35 ريس Reais وهو المستوى السائد في كانون الثاني/ يناير 2002.

2. يتضمن هذا الشكل نصف سعة المحطة الكهرمائية في Itaipu binational وتبلغ 12.6 جيجاواط، علماً أن المحطة تمتلكها البرازيل مناصفة مع البارا جواي، لكن معظم سعة المحطة تستفيد منها البرازيل.

3. تقوّم هذه البيانات الطاقة الكهرمائية على أساس إنتاج نفس كميات الطاقة هذه، لكن من محطات الطاقة الحرارية التي يبلغ متوسط مردودها 27.5٪. وهذا هو التقليد المستخدم في البرازيل.

4. يشمل قطاع الطاقة مصافي النفط، ومنشآت تقطير الإيثانول ومحطات توليد الطاقة.

5. هذه هي مجموعتي الخاصة من أهداف سياسة الطاقة، لكنها تعكس طيفاً واسعاً من الأهداف على المستوى القومي في البرازيل، وتشمل المحافظة على نسبة نمو اقتصادية قوية، وتعزيز التنمية الاجتماعية في المناطق والمجتمعات الفقيرة وتخفيض التدهور البيئي.

6. لم أتمكن لسوء لحظ من تحليل الكلف والمكاسب الاقتصادية للسياسات الاثنتي عشرة.

7. للمقارنة، بلغت السعة الإجمالية من الطاقة الكهربائية في البرازيل حوالي 68 جيجاواط عام 2000.

8. تفترض هذه القيم أن هناك تزايداً في إنتاجية منشآت تقطير الإيثانول (إنتاج الإيثانول منسوباً لكل طن من قصب السكر) خلال العقد الحالي.

9. يعتبر (PRODEEM) البرنامج المخصص لتنمية الطاقة في الولايات والبلديات، ويتم تنسيق عمله من خلال وزارة المناجم والطاقة.

10. تركز هذه السياسة على الأنظمة الكهرضوئية وأسواقها، لكنها تدعم أيضاً التطبيقات الأخرى لتقنيات الطاقة المتجددة المستقلة عن الشبكة الكهربائية، مثل أنظمة طاقة الرياح ذات السعات الصغيرة وأنظمة الطاقة الحيوية كلما أمكن ذلك.

11. لقد طوّر برنامج (IMEP) من قبل باحثين في جامعة ريو دي جانيرو الحكومية (Tolmasquim and Szklo 2000).

12. إن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون عام 2000 أقل بسبب أن نسبة كبيرة من إمدادات الطاقة تأتي من مصادر متجددة.

الفصل السابع

1. إن عملية smelt reduction طريقة متقدمة ومتكاملة لصناعة الفولاذ تتميز بأنها أكثر كفاءة من حيث الطاقة وأقل تلويثاً للبيئة من الطريقة التقليدية.

2. تشمل بنوك التنمية الوطنية بنوك التنمية الأفريقية والآسيوية والأمريكانية (inter-American) والبنك الأوربي للإعمار والتنمية.

3. لقد مررت بهذه التجربة بشكل مباشر عندما عملت لصالح البرنامج الوطني للحفاظ على الكهرباء في البرازيل خلال الفترة 1996–1997.

4. أخفقت المحاولات الدولية لتأسيس هدف عالمي للطاقات المتجددة، وذلك في قمة التنمية المستدامة في جوهانسبرج والتي عقدت في آب/ أغسطس 2002. إن تأسيس منتدى للنقاش والتفاوض حول هذه الأهداف يمكن أن يجنب العالم مثل هذا الإخفاق في المستقبل.

5. للتوضيح أقول إنني لا أدعو هنا إلى تأسيس برنامج أو مؤسسة دولية أخرى للطاقة تزيد من التفتت والتشويش السائدين حالياً، وإنما أقترح تكامل الجهود وتضافرها.

الفصل الثامن

1. لإمداد جميع هذه العائلات بالطاقة فإنه يلزم توفير سعة من الأنظمة الكهرضوئية تقدر بحوالي 50 جيجاواط وبحيث تبلغ سعة كل نظام 100 واط.

2. حُصّلت على هذه التقديرات من معهد تيلاس (Tellus Institute) باستخدام نموذج لتقدير غازات الدفيئة المسببة للتغيرات المناخية. وبالإضافة إلى انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون فإنه يفترض أن الإشعاعات الحرارية التي تدخل أو تخرج من النظام المناخي ومن جميع المصادر الأخرى يساوي تقريباً W/m21 عام 2100 (Schneider and Azar 2001).

3. يستمد قطاع النقل في الولايات المتحدة الأمريكية ما يعادل 97٪ من حاجته من الطاقة من النفط، وتعتبر البرازيل حالة استثنائية في هذا المجال، حيث يغطي النفط 85٪ فقط من الطاقة الإجمالية اللازمة لقطاع النقل.

4. تعتبر القضايا المتعلقة بتطوير واستخدام السيارات العاملة على خلايا الوقود معقدة جداً. إن التعمق في هذه القضايا خارج نطاق هذا الكتاب، ويمكن للمهتمين مراجعة:

Dunn 2001, Lovins and Williams 1999, NHA 2001, and Ogden, Williams, and Larson 2001.

5. بالنسبة لنقل البضائع ثمة حاجة لاستراتيجيات وسياسات مشابهة لتحسين كفاءة السيارات واستخدام وقود أنظف وتحفيز تغيير نمط النقل (Birky et al. 2001) .

6. يمكن تسهيل تبنّي السياسات التي من شأنها تسريع ثورة الطاقة النظيفة من خلال إجراء إصلاحات على العملية السياسية (وذلك بالحد من نفوذ الشركات الضخمة والقيام بإصلاح نظام تمويل الحملات لانتخابية، وزيادة انفتاح عملية صناعة القرار، والتوسع في عملية مشاركة الناس في وضع هذه السياسات).

المراجع

ACEA [Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles]. 1998. ACEA Commitment on CO2 Emission Reductions from New Passenger Cars in the Framework of an Environmental Agreement between the European Commission and ACEA. Brussels, Belgium: Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles.

———. 2002. European Automotive Industry Further Reduces New Car CO2 Emissions in 2001. Brussels, Belgium: Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles. www.acea.be/acea/20020709PressRelease.pdf.

Agarwal, A. 1999. *Making the Kyoto Protocol Work*. New Delhi, India: Centre for Science and Environment.

Ahman, M., L. J. Nilsson, and B. Johansson. 2001. Cars and Fuels of Tomorrow: Strategic Choices and Policy Needs. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 1: 528–38. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

AID [Agency for International Development]. 1996. *Strategies for Financing Energy Efficiency*. Washington, DC: U.S. Agency for International Development. July.

Aitken, D. 1998. *Putting It Together: Whole Buildings and a Whole Buildings Policy*. Washington, DC: Renewable Energy Policy Project.

ALA [American Lung Association]. 2001. *Trends in Air Quality*. New York: American Lung Association. August.

Almeida, M. A., R. Schaeffer, and E. L. la Rovere. 2001. The Potential for Electricity Conservation and Peak Load Reduction in the Residential Sector of Brazil. *Energy—The International Journal 26* (4): 413–429.

Aranda, F.A. and I.C. Cruz. 2000. Breezing Ahead: The Spanish Wind Energy Market. *Renewable Energy World* 3 (3): 35–45.

AWEA [American Wind Energy Association]. 2002. *Global Wind Energy Market Report*. Washington, DC: American Wind Energy Association.

Azuaga, D. 2000. Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil. Master's thesis, Programa de Planjemento Energetico, COPPE/UFRJ. (Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro).

Bailie, A., S. Bernow,W. Dougherty, M. Lazarus, and S. Kartha. 2001. *The American Way to the Kyoto Protocol: An Economic Analysis to Reduce Carbon Pollution*. Washington, DC:World Wildlife Fund.

Bakthavatsalam, V. 2001. Windows of Opportunity: IREDA and the Role of Renewable Energy in India. *Refocus* May, pp. 12–15.

Balu, V. 1997. Issues and Challenges Concerning Privatisation and Regulation in the Power Sector. *Energy for Sustainable Development* 3 (6): 6–13.

Banerjee, N. 2001. Fears, Again, of Oil Supplies at Risk. *New York Times* Oct. 14, section 3, pp. 1, 11.

Bang, K. 2000. ESCO Market in Korea. Presentation at the National Association of Energy Service Companies Conference, Houston, TX.May 17, 2000.

[BCAP] Building Codes Assistance Project. 2001. Residential Building Code Status and Commercial Building Code Status.Washington, DC: Building Codes Assistance Project. www.bcap-energy.org.

Beck, P.W. 2001. Nuclear Energy in the Twenty-First Century: Examination of a Contentious Subject. *Annual Review of Energy and Environment* 24: 113–138.

Bentley, R.W. 2002. Global Oil and Gas Depletion: An Overview. *Energy Policy* 30: 189–205.

Bernow, S., K. Cory,W. Dougherty, M. Duckworth, S. Kartha, and M. Ruth. 1999. *America's Global Warming Solutions*. Washington, DC:World Wildlife Fund.

Bernow, S., M. Fulmer, I. Peters, M. Ruth, and D. Smith. 1997. *Ecological Tax Reform: Carbon Taxes with Tax Reductions in New York.* Boston: Tellus Institute.

Bernow, S., S. Kartha, M. Lazarus, and S. Page. 2000. *Cleaner Generation, Free Riders, and Environmental Integrity: Clean Development Mechanism and the Power Sector.* Boston: Tellus Institute.

Bernstein, M., R. Lempert, D. Loughran, and D. Ortiz. 2000. *The Public Benefit of California's Investments in Energy Efficiency*. MR-1212.0-CEC. Santa Monica, CA: Rand Corporation.

Berry, T. and M. Jaccard. 2001. The renewable portfolio standard: design considerations and an implementation survey. *Energy Policy* 29: 263–277.

Bertoldi, P., P. Waide, and B. Lebot. 2001. Assessing the Market Transformation for Domestic Appliances Resulting from European Union Policies. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 2: 191–202. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

Birky, A., D. Greene, T. Gross, D. Hamilton, K. Heitner, L. Johnson, J. Maples, J. Moore, P. Patterson, S. Plotkin, and F. Stodolsky. 2001. *Future U.S. Highway Energy Use: A Fifty Year Perspective.* Washington, DC: U.S. Department of Energy, Office of Transportation Technologies.

Birner, S. 2000. How Thailand Washed Away Wasteful Lighting. *IAEEL Newsletter* 24(9). Stockholm, Sweden: International Association for Energy-Efficient Lighting.

Birner, S. and E. Martinot. 2002. *The GEF Energy-Efficient Product Portfolio: Emerging Experience and Lessons.* Washington, DC: Global Environmental Facility.

Blackman, A. and X.Wu. 1999. Foreign Direct Investment in China's Power Sector: Trends, Benefits, and Barriers. *Energy Policy* 27: 695–711.

Bluestein, J. and M. Lihn. 1999. Historical Impacts and Future Trends in Industrial Cogeneration. In *Proceedings of the 1999 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry* 479–501.Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Borg, N. 2002. Personal communication from Nils Borg, International Association for Energy Efficient Lighting, Stockholm, Sweden.

Bose, R. K. 1998. Automotive Energy Use and Emissions Control: A Simulation Model to Analyse Transport Strategies for Indian Metropolises. *Energy Policy* 26: 1001–1016.

[BP] British Petroleum. 2001. *BP Statistical Review of World Energy 2001*. London: British Petroleum.

Bradsher, K. 2000. General Motors Raises Stakes in Fuel Economy War with Ford. *New York Times*. August 3.

Brown, L. R., G. Gardner, and B. Halweil. 1998. *Beyond Malthus: Sixteen Dimensions of the Population Problem*. Washington, DC:Worldwatch Institute.

Brown, M. A. 2001.Market Failures and Barriers as a Basis for Clean Energy Policies. *Energy Policy* 29: 1197–1208.

BTM Consult 2001. A Towering Performance: Latest BTM Report on the Wind Industry. *Renewable Energy World* 4 (4): 68–87.

Calwell, C., J. Zugel, P. Banwell, and W. Reed. 2002. 2001—A CFL Odyssey:What Went Right. *Proceedings of the 2002 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 6: 15–27.Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Cameron, M., J. Stierstorfer, and D. Chiaramonti. 1999. Financing Renewable Energy. *Renewable Energy World* 2 (4): 41–45.

Cameron, M., J. Stierstorfer, S. Teske, and C. Aubrey. 2001. Solar Generation: A Blueprint for Growing the PV Market. *Renewable Energy World* 4 (5).

Cameron, M., J. M.Wilder, and M. Pugliese. 2001. From Kyoto to Bonn: Implications and Opportunities for Renewable Energy. *Renewable Energy World* 4 (5).

Campbell, C. J. and J. H. Laherrere. 1998. The End of Cheap Oil. *Scientific American* 278 (3): 78–83.

CARB [California Air Resources Board]. 2001. ARB Holds to ZEV Mandate. News Release. Sacramento, CA: California Air Resources Board. www.arb.ca.gov/newsrel/nr012601.htm.

Carvalho, I. M. 1997. Greenhouse Gas Emissions and Bio-Ethanol Production/Utilization in Brazil. In *South–South North Partnership on Climate Change and Greenhouse Gas Emissions*. Edited by S. K. Ribeiro and L. P. Rosa. Rio de Janeiro: COPPE, Federal University of Rio de Janeiro.

———. 1998. The Role of Copersucar in Improving Technology for Ethanol Production from Sugar Cane in Sao Paulo. Paper presented at the STAP Workshop on Technology Transfer in the Energy Sector, Amsterdam, Jan. 19–20.

Casten, T. R. 1998. Turning Off the Heat: *Why America Must Double Energy Efficiency To Save Money and Reduce Global Warming*. Amherst, NY: Prometheus Books.

Casten, T. R. and M. C. Hall. 1998. *Barriers to Deploying More Efficient Electrical Generation and Combined Heat and Power Plants*. White Plains, NY: Trigen Energy Corp.

Cavanagh, R. 1999. Congress and Electric Industry Restructuring: Environmental Imperatives. *Electricity Journal* 12 (7): 11–20.

———. 2001. Revisiting the "Genius of the Marketplace": Cures for the Western Electricity and Natural Gas Crises. *Electricity Journal* 14 (5): 11–18.

CEC [California Energy Commission]. 1999. *The Energy Efficiency Public Goods Charge Report: A Proposal for a Millennium*. Sacramento: California Energy Commission.

———. 2001a. *Costs and Benefits of a Biomass-to-Ethanol Production Industry in California*. P500-01-002. Sacramento: California Energy Commission.

———. 2001b. *Investing in Renewable Electricity Generation in California*. P500-00-022. Sacramento: California Energy Commission.

———. 2002. *The Summer 2001 Conservation Report*. Sacramento: California Energy Commission.

Cecelski, E. W. 1995. From Rio to Beijing: Engendering the Energy Debate. *Energy Policy* 23: 561–575.

Center for Responsive Politics. 2001.Web site of the Center for Responsive Politics, Washington, DC. www.opensecrets.org.

Chandler, W., J. Parker, I. Bashmakov, Z. Genshev, J. Marousek, S. Pasierb, M. Raptsun, and Z. Dadi. 1999. *Energy Efficiency Centers in Six Countries: A Review*. PNNL-13073. Washington, DC: Pacific Northwest National Laboratory, Advanced International Studies Unit.

Clark, A. 2000. Demand-Side Management Investments in South Africa: Barriers and Possible Solutions for New Power Sector Contexts. *Energy for Sustainable Development* 4 (4): 27–35.

———. 2001. Making Provision for Energy-Efficiency Investment in Changing Markets: an International Review. *Energy for Sustainable Development* 5 (2): 26–38.

Claussen, E. 2001. Climate Change: A Strategy for the Future. Speech by Eileen Claussen at the University of Rhode Island, Sept 25. Arlington, VA: PEW Center on Global Climate Change.

Claussen, E. 2002. Climate Change: Myths and Realities. Speech by Eileen Claussen at the "Climate in North America" Conference, New York, NY, July 17. Arlington, VA: PEW Center on Global Climate Change.

Clean Air Task Force 2000. *Death, Disease, and Dirty Power: Mortality and Health Damage Due to Air Pollution from Power Plants*. Boston, MA: Clean Air Task Force. October.

Clemmer, S., D. Donovan, A. Nogee, and J. Deyette. 2001. *Clean Energy Blueprint: A Smarter National Energy Policy for Today and the Future*. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists.

COPPE. 1998. *Estimativa do Potencial de Conservacao de Energia Eletrica pelo Lado de Demanda no Brasil*. Rio de Janeiro, Brazil: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pos-Graduacao e Pesquisa de Engenharia, Programa de Planejamento Energetico.

Cowart, R. 2001. *Efficient Reliability: The Critical Role of Demand-Side Management Resources in Power Systems Markets*. Montpelier, VT: Regulatory Assistance Project.

Crowley, S. 2001. Partnerships Leading the Way Forward to Ensure Quality Energy Efficiency Installers. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 2: 278–285. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

Dahl, C. and K. Kuralbayeva. 2001. Energy and the Environment in Kazakhstan. *Energy Policy* 29: 429–440.

Davis, S. 2001. *Transportation Energy Data Book: Edition 21*. ORNL-6966. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory.

de Beer, J., E. Worrell, and K. Blok. 1998. Future Technologies for Energy-Efficient Iron and Steel Making. *Annual Review of Energy and Environment* 23:123–206.

DeCanio, S. 1993. Barriers within Firms to Energy-Efficient Investments. *Energy Policy* 21: 906–14.

DeCicco, J., F. An, and M. Ross. 2001. *Technical Options for Improving the Fuel Economy of U.S. Cars and Light Trucks by 2010–2015.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

DeCicco, J., R. Diamond, S. L. Nolden, J. DeBarros, and T.Wilson. 1995. *Improving Energy Efficiency in Apartment Buildings.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Deffeyes, K. S. 2001. *Hubbert's Peak: The Impending World Oil Shortage.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

den Elzen, M. G. J. and A. P. G. de Moor. 2001. *Evaluating the Bonn Agreement and Some Key Issues.* Bilthoven, Netherlands: RIVM National Institute of Public Health and the Environment.

Dodds, D., E. Baxter, and S. Nadel. 2000. Retrocommissioning Programs: Current Efforts and Next Steps. In *Proceedings of the 2000 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 4: 79–93.Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

DOE [U.S. Department of Energy]. 2000. *Clean Energy Partnerships: A Decade of Success.* DOE/EE-0213.Washington, DC: U.S. Department of Energy.

———. 2001. *Department of Energy Historic Budget Authority by Organization.* Washington, DC: U.S. Department of Energy.

Doniger, D., D. Friedman, R. Hwang, D. Lashof, and J. Mark. 2002. *Dangerous Addiction: Ending America's Oil Dependence.* Washington, DC: Natural Resources Defense Council and Union of Concerned Scientists.

Dooley, J. J. 1998. Unintended Consequences: Energy R&D in a Deregulated Energy Market. *Energy Policy* 26 (7): 547–555.

DOS [U.S. Department of State]. 2002. U.S. Climate Action Report 2002.Washington, DC: U.S. Department of State.

DSIRE. 2001. *Database of State Incentives for Renewable Energy.* www.dsireusa.org.

Duke, R. D., A. Jacobson, and D. M. Kammen. 2002. Photovoltaic Module Quality in the Kenyan Solar Home Systems Market. *Energy Policy* 30: 477–500.

Dunn, S. 2001. *Hydrogen Futures: Toward a Sustainable Energy System.* Worldwatch Paper 157.Washington, DC:Worldwatch Institute.

Dunn, S. and C. Flavin. 2002. Moving the Climate Change Agenda Forward. In *State of the World 2002,* 24–50. Edited by L. Starke. New York:W.W. Norton.

Dutt, G. S., F. G. Nicchi, and M. Brugnoni. 1997. Power Sector Reforms in Argentina: An Update. *Energy for Sustainable Development* 3 (6): 36–54.

Dutta, S., I. H. Rehman, P. Malhotra, and V. Ramana. 1997. *Biogas: The Indian NGO Experience.* New Delhi: Tata Energy Research Institute.

DWIA [Danish Wind Industry Association]. 2002. *Danish Wind Power 2001.* Copenhagen: Danish Wind Industry Association. www.windpower.org/news/stat2001.htm.

Edjekumhene, I., M. B. Amadu, and A. Brew-Hammond. 2001. Preserving and Enhancing Public Benefits under Power Sector Reform: The Case of Ghana. *Energy for Sustainable Development* 5 (2): 39–47.

EERE. [Office of Energy Efficiency and Renewable Energy]. 2000. *Clean Energy Partnerships: A Decade of Success*. Washington, DC: U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.

EF [Energy Foundation]. 2001. Bellagio Memorandum on Motor Vehicle Policy: Principles for Vehicles and Fuels in Response to Global Environmental and Health Imperatives. San Francisco: Energy Foundation.

Egan, K. and P. du Pont. 1998. *Asia's New Standard for Success: Energy Efficiency Standards and Labeling Programs in 12 Asian Countries.*Washington, DC: nternational Institute for Energy Conservation.

Egger, C. and G. Dell. 1999. The Regional Energy Plan of Upper Austria: 12% CO2 Reduction in 4 Years. In *Energy Efficiency and CO2 Reduction: The Dimensions of the Social Challenge—1999 Summer Study Proceedings*. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

EIA [Energy Information Administration]. 1998. *Renewable Energy Annual 1998.* DOE/EIA-0603(98).Washington, DC: Energy Information Administration.

———. 1999. *Renewable Energy Issues and Trends 1998.* DOE/EIA-0628(98). Washington, DC: Energy Information Administration.

———. 2000a. *Long-Term World Oil Supply: A Resource Base/Production Path Analysis.* Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy. www.eia.doe.gov/pub/oil_gas/...ons/2000/long_term_supply/index.htm.

———. 2000b. *Emissions of Greenhouse Gases in the United States 1999.* DOE/EIA-0573(99). Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

———. 2000c. *Annual Energy Outlook 2001.* DOE/EIA-0383(2001).Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration.

———. 2000d. *Electric Utility Demand Side Management 1999.* www.eia/gov/cneaf/ electricity/dsm99. Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration.

———. 2000e. *The National Energy Modeling System: An Overview 2000.* DOE/EIA-0581(2000).Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration.

———. 2001a. *Annual Energy Review: 2000.* DOE/EIA-0384(2000).Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration.

———. 2001b. *International Energy Outlook 2001.* DOE/EIA-0484(2001). Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration.

———. 2001c. *Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2000.* DOE/EIA-0573(2000).Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration.

Eikeland, P. O. 1998. Electricity Market Liberalisation and Environmental Performance: Norway and the U.K. *Energy Policy* 26: 917–928.

Eletrobrás 1999. *Estimativa do Potencial de Cogeracao no Brasil*. Rio de Janeiro: Eletrobrás, Coordinating Group for Planning of Electricity Systems.

———. 2000. *Ten-Year Expansion Plan 2000/2009*. Rio de Janeiro: Eletrobrás, Engineering Directorate.

[ELI] Environmental Law Institute. 2000. *Cleaner Power: The Benefits and Costs of Moving from Coal to Natural Gas Power*. Washington, DC: Environmental Law Institute.

Engelman, R., B. Halweil, and D. Nierenberg. 2002. Rethinking Population, Improving Lives. In *State of the World 2002*, 127–148. Edited by L. Starke. New York:W.W. Norton.

ENS. 2001a. Climate Change Costs Could Top $300 Billion Annually. Environmental News Service. February 7. http://ens.lycos.com/ens/feb2001/2001L-02-05-02.html.

———. 2001b. Bullet Holes Spill Alaskan Oil. Environmental News Service. October 8. http://ens.lycos.com/ens/oct2001/2001L-10-08-06.html.

———. 2001c. 2001 the Second Warmest Year on Record. Environmental News Service. December 18. http://ens.lycos.com/ens/dec2001/2001L-12-18-01.html.

———. 2001d. Threat of Nuclear Terrorism is Growing, Experts Warn. Environmental News Service. November 2. http://ens.lycos.com/ens/nov2001/2001L-11-02-06.html.

EPA [U.S. Environmental Protection Agency]. 2000. *Light-Duty Automotive Technology and Fuel Economy Trends 1975 Through 2000*. EPA420-R00-008. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality.

———. 2001. *The Power of Partnerships: Climate Protection Partnerships Division 2000 Annual Report*. EPA 430-R-01-009.Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation.

———. 2002a. *National-Scale Air Toxics Assessment*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

———. 2002b. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2000.Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs.

Espey, S. 2001. Renewables Portfolio Standard: A Means for Trade with Electricity from Renewable Energy Sources? *Energy Policy* 29: 557–566.

Eto, J., C. Goldman, and S. Nadel. 1998. *Ratepayer-Funded Energy Efficiency Programs in a Restructured Electricity Industry: Issues and Options for Regulators and Legislators*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Eto, J., R. Prahl, and J. Schlegel. 1996. *A Scoping Study on Energy-Efficiency Market Transformation by California Energy-Efficiency Programs*. LBNL-39058. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

European Commission. 2000. *Directive of the European Parliament and of the Council on the Promotion of Electricity from Renewable Energy Sources in the Internal Electricity Market*. COM(2000) 884 final. Brussels: Commission of the European Communities.

Eurosolar. 2001. *Memorandum for the Establishment of an International Renewable Energies Agency (IRENA)*. Bonn, Germany: European Association for Renewable Energies. Feb.

EWEA [European Wind Energy Association], Forum for Energy and Development, and Greenpeace International. 1999. *Wind Force 10: A Blueprint to Achieve 10% of the World's Electricity from Wind Power by 2020*. London: European Wind Energy Association, Forum for Energy and Development, and Greenpeace International.

Eyre, N. 1999. Carbon Dioxide Emissions Trends from the United Kingdom. In *Promoting Development While Limiting Greenhouse Gas Emissions: Trends and Baselines*. Edited by J. Goldemberg and W. Reid. New York: United Nations Development Programme.

Fackler, M. 2002. Three Gorges Dam Will Raise Temperatures in Central China, Meteorologist Predicts. Associated Press, April 11.

Fawcett, T. 2001. Retail Therapy: Increasing the Sales of CFLs. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 2: 118–129. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

Fialka, J. 2001. As the Federal Government Shies Away, States Step Up Efforts to Curb Pollution. *Wall Street Journal*, Sept. 11.

FitzRoy, F. and I. Smith. 1998. Public Transport Demand in Freiburg: Why Did Patronage Double in a Decade? *Transport Policy* 5: 163–174.

Flanigan, T. and P. Rumsey. 1996. Promoting Energy Efficiency in Asia: A Compendium of Asian Success Stories. In *Proceedings of the 1996 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 9: 9.77–9.86.Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Flavin, C. and S. Dunn. 1999. Reinventing the Energy System. In *State of the World 1999*, 22–40. Edited by L. Starke. New York:W.W. Norton.

Ford, K. W., G. J. Rochlin, M. H. Ross, and R. H. Socolow. 1975. *Efficient Use of Energy: A Physics Perspective*. College Park, MD: American Institute of Physics.

Friedman, D., J. Mark, P. Monahan, C. Nash, and C. Ditlow. 2001. *Drilling in Detroit: Tapping Automaker Ingenuity to Build Safe and Efficient Automobiles*. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists.

Friedmann, R. 1998. Activities and Lessons Learned Saving Electricity in Mexican Households. In *Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 5: 119–5:130.Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

———. 2000. Latin American Experiences with Residential CFL Projects. In *Proceedings of the 2000 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 2: 103–114. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

GAO [General Accounting Office]. 2000. *Tax Incentives for Petroleum and Ethanol Fuels*. GAO/RCED-00-301R. Washington, DC: U.S. General Accounting Office. Sept.

Gardiner, D. and L. Jacobson. 2002.Will Voluntary Programs be Sufficient to Reduce U.S. Greenhouse Gas Emissions? An Analysis of the Bush Administration's Global Climate Change Initiative. *Environment 44* (8): 24–33.

Gardner, G. 2001. Accelerating the Shift to Sustainability. In *State of the World 2001*, 189–206. New York:W.W. Norton.

GEF [Global Environmental Facility]. 2001a. *Renewable Energy: GEF Partners with Business for a Better World.* Washington, DC: Global Environmental Facility.

———. 2001b. *Climate Change Program Study Synthesis Report.* Washington, DC: Global Environmental Facility.

GEIPOT. 2001. *Anuario Estatistico dos Transportes. Brasilia: Ministerio dos Transportes.* www.geipot.gov.br.

Geller, H. 1985. Ethanol Fuel from Sugar Cane in Brazil. *Annual Review of Energy* 10: 135–164.

———. 1991. *Efficient Electricity Use: A Development Strategy for Brazil.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

———. 1997. National Appliance Efficiency Standards in the USA: Cost-Effective Federal Regulations. *Energy and Buildings* 26: 101–109.

———. 1999. *Tax Incentives for Innovative Energy-Efficient Technologies.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

———. 2000. *Transforming End-Use Energy Efficiency in Brazil.*Washington, DC:
American Council for an Energy-Efficient Economy.

———. 2001. *Strategies for Reducing Oil Imports: Expanding Oil Production vs.*
Increasing Vehicle Efficiency. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Geller, H. and R. N. Elliott. 1994. *Industrial Energy Efficiency: Trends, Savings Potential, and Policy Options.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Geller, H. and D. B. Goldstein. 1998. *Equipment Efficiency Standards: Mitigating Global Climate Change at a Profit.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy; and San Francisco, CA: Natural Resources Defense Council.

Geller, H. and T. Kubo. 2000. *National and State Energy Use and Carbon Emissions Trends.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Geller, H. and S. McGaraghan. 1998. Successful Government-Industry Partnership: The U.S. Department of Energy's Role in Advancing Energy-Efficient Technologies. *Energy Policy* 26: 167–177.

Geller, H. and S. Nadel. 1994. Market Transformation Strategies to Promote End-Use Efficiency. *Annual Review of Energy and Environment* 19: 301–346.

Geller, H. and J. Thorne. 1999. *U.S. Department of Energy's Office of Building Technologies: Successful Initiatives of the 1990s.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Geller, H., J. DeCicco, and S. Nadel. 1993. *Structuring an Energy Tax So That Energy Bills Do Not Increase.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Geller, H., T. Kubo, and S. Nadel. 2001. *Overall Savings from Federal Appliance and Equipment Efficiency Standards.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Geller, H., M. Almeida, M. Lima, G. Pimentel, and A. Pinhel. 1999. *Update on Brazil's National Electricity Conservation Program (PROCEL).* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Geller, H., J. P. Harris, M. D. Levine, and A. H. Rosenfeld.1987. The Role of Federal Research and Development in Advancing Energy Efficiency: A $50 Billion Contribution to the U.S. Economy. *Annual Review of Energy* 12: 357–396.

Geller, H., G. M. Jannuzzi, R. Schaeffer, and M. T. Tolmasquim. 1998. The Efficient Use of Electricity in Brazil: Progress and Opportunities. *Energy Policy* 26: 859–872.

Gillespie, M. 2001. Americans Favor Alternative Energy Methods to Solve Short- ages. Princeton, N.J.: The Gallup Organization. www.gallup.com/poll/releases/pr011127.asp.

Gipe, P. 2000. Wind Booms Worldwide: Latest BTM Report Paints a Promising Picture. *Renewable Energy World* 3 (4): 132–149.

Goldberg, M. 2000. *Federal Energy Subsidies: Not All Technologies Are Created Equal.* Washington, DC: Renewable Energy Policy Project.

Goldemberg, J. 1998. Leapfrog Energy Technologies. *Energy Policy* 26: 729–742.

———. 1999. *The Issue of Technology Transfer for Development.* Sa≈o Paulo, Brazil: University of Sa≈o Paulo.

———. 2000. Rural Energy in Developing Countries. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability.* New York: United Nations Development Programme.

Goldstein, D. B. and A. H. Rosenfeld. 1976. *Projecting an Energy-Efficient California.* LBL-3274/EEB-76-1. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Goldstein, L., J. Mortensen, and D. Trickett. 1999. *Grid-Connected Renewable-Electric Policies in the European Union.* NREL/TP.620.26247. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.

Granda, C. 1997. Case Study: The IFC/GEF Poland Efficient Lighting Project (PELP). In *Proceedings of the 4th European Conference on Energy-Efficient Lighting* 2: 271–277. Frederiksberg, Denmark: DEF Congress Service.

Greene, D. L. 1999. *Why CAFE Worked.* Energy Policy 26: 595–614.

Greene, D. L. and P. N. Leiby. 1993. *The Social Costs to the U.S. of Monopolization of the World Oil Market, 1972–1991.* ORNL-6744. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory.

Grubler, A. 1998. *Technology and Global Change.* Cambridge: Cambridge University Press.

Grubler, A., N. Nakicenovic, and D. G. Victor. 1999. Dynamics of Energy Technologies and Global Change. *Energy Policy* 27: 247–280.

Gummer, J. and R. Moreland. 2000. *The European Union and Global Climate Change: A Review of Five National Programmes.* Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.

Hakim, D. 2002. California Is Moving to Guide U.S. Policy on Pollution. *New York Times.* July.

Halverson, M., J. Johnson, D.Weitz, R. Majette, and M. LaLiberte. 2002. Making Residential Energy Codes More Effective: Building Science, Beyond Code Programs, and Effective Implementation Strategies. *Proceedings of the 2002 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 2: 111–22.Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Hankins, M. 2001. Commercial Breaks: Building the Market for PV in Africa. *Renewable Energy World* 4 (4): 164–175.

Hawken, P., A. Lovins, and L. H. Lovins. 1999. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Boston: Little, Brown and Co.

Henriques, M. and R. Schaeffer. 1995. Energy Use in Brazilian Industry: Gains from Energy Efficiency Improvements. In *Proceedings of the ACEEE 1995 Summer Study on Energy Efficiency in Industry* 2: 99–110. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Herzog, H., B. Eliasson, and O. Kaarstad. 2000. Capturing Greenhouse Gases. *Scientific American* 282(2): 72–79.

Hirst, E., E. Blank, and D.Moskovitz. 1994. Alternative Ways to Decouple Electric Utility Revenues from Sales. *Electricity Journal* 7 (4): 38–47.

Holdren, J. P. and K. R. Smith. 2000. Energy, the Environment, and Health. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: United Nations Development Programme.

Holloway, S. 2001. Storage of Fossil Fuel-Derived Carbon Dioxide Beneath the Surface of the Earth. *Annual Review of Energy and the Environment 26*: 145–66.

Huang, J., J. L. Warner, S. Wiel, A. Rivas, and O. de Buen. 1998. A Commercial Building Energy Standard. In *Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 5: 153–164. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Hurrell, J. 2002. Personal communication from James Hurrell, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, September.

Hussain, R. 2001.Micro Credit in Bangladesh. *Sustainable Energy News* 32: 9.

ICLEI [International Council for Local Environmental Initiatives]. 2000a. *U.S. Communities Acting to Protect the Climate*. Berkeley, CA: International Council for Local Environmental Initiatives.

———. 2000b. *Best Practices for Climate Protection: A Local Environmental Guide*. Berkeley, CA: International Council for Local Environmental Initiatives.

IEA [International Energy Agency]. 1997a. *Renewable Energy Policy in IEA Countries*. Paris: International Energy Agency.

———. 1997b. *Enhancing the Market Deployment of Energy Technology: A Survey of Eight Technologies*. Paris: International Energy Agency.

———. 1997c. *Energy Efficiency Initiative. Vol. 2: Country Profiles and Case Studies*. Paris: International Energy Agency.

———. 1997d. *Indicators of Energy Use and Efficiency: Understanding the Link between Energy and Human Activity*. Paris: International Energy Agency.

———. 2000a. *World Energy Outlook 2000*. Paris: International Energy Agency.

———. 2000b. *Energy Labels and Standards*. Paris: International Energy Agency.

———. 2000c. *The Road from Kyoto: Current CO2 and Transport Policies in the IEA*. Paris: International Energy Agency.

———. 2000d. *Dealing with Climate Change: Policies and Measures in IEA Member Countries*. Paris: International Energy Agency.

———. 2000e. *Experience Curves for Energy Technology Policy*. Paris: International Energy Agency.

———. 2000f. *Energy Policies of IEA Countries: 1999 Review*. Paris: International Energy Agency.

———. 2001a. *End-User Oil Product Prices and Average Crude Oil Import Costs March 2001*. Paris: International Energy Agency.

———. 2001b. *Energy Efficiency Update: United Kingdom*. Paris: International Energy Agency. www.iea.org/pubs/newslett/eneeff/uk.pdf.

———. 2001c. *Energy Efficiency Update: Japan*. Paris: International Energy Agency. www.iea.org/pubs/newslett/eneeff/jp.pdf.

———. 2001d. *About the IEA*. Paris: International Energy Agency. www.iea.org/about

———. 2001e. *Energy Policies of IEA Countries: 2001 Review*. Paris: International Energy Agency.

———. 2001f. *Things That Go Blip in the Night: Standby Power and How to Limit It*. Paris: International Energy Agency.

———. 2001g. *Technology without Borders: Case Studies of Successful Technology Transfer*. Paris: International Energy Agency.

———. 2001h. *Toward a Sustainable Energy Future*. Paris: International Energy Agency.

Interlaboratory Working Group. 1997. *Scenarios of U.S. Carbon Reductions: Potential Impacts of Energy Technologies by 2010 and Beyond*. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory; and Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

———. 2000. *Scenarios for a Clean Energy Future*. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory; and Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. 2000. *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.

———. 2001a. *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Summary for Policymakers*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. www.unep.ch/ipcc/pub/spm22-01/pdf.

———. 2001b. *Climate Change 2001: Mitigation. Summary for Policymakers*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. www.unep.ch/ipcc/pub/wg2spmfinal/pdf.

———. 2001c. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Summary for Policymakers*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. www.unep.ch/ipcc/pub/wg3spm/pdf.

Jacobsson, S. and A. Johnson. 2000. The Diffusion of Renewable Energy Technology: An Analytical Framework and Key Issues for Research. *Energy Policy* 28: 625–640.

Jain, B. C. 2000. Commercialising Biomass Gasifiers: Indian Experience. *Energy for Sustainable Development* 4 (3): 72–83.

Jannuzzi, G. M. 2001. The Prospects for Energy Efficiency, R&D and Climate Change Issues in a Competitive Energy Sector Environment in Brazil. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 2: 415–424. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

Jensen, M.W. and M. Ross. 2000. The Ultimate Challenge: Developing an Infrastructure for Fuel Cell Vehicles. *Environment* 42 (7): 10–22.

Jessup, P. 2001. *The City of Toronto's Corporate Energy Use and CO2 Emissions, 1990-98: A Progress Report*. Toronto: Toronto Atmospheric Fund.

Jochem, E. 2000. Energy End-Use Efficiency. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: United Nations Development Programme.

Johnson, A. and S. Jacobsson. 2001. *The Emergence of a Growth Industry: A Comparative Analysis of the German, Dutch and Swedish Wind Turbine Industries*. Goteberg, Sweden: Chalmers University of Technology.

Jones, E. and J. Eto. 1997. *Financing End-Use Solar Technologies in a Restructured Utility Industry: Comparing the Cost of Public Policies*. LBNL-40218. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Kamalanathan, C. R. 1998. Commercial Wind Power Projects. *IREDA News* 9 (4): 13–16.

Kammen, D. M. 1999. *Building Institutional Capacity for Small-Scale and Decentralized Energy Research, Development, Demonstration, and Deployment (ERD3) in the South*. Berkeley, CA: University of California, Berkeley, Energy and Resources Group.

Karekezi, S. 2002a. Poverty and Energy in Africa—A Brief Review. *Energy Policy* 30: 915–922.

———. 2002b. Renewables in Africa—Meeting the Energy Needs of the Poor. *Energy Policy* 30: 1059–70.

Karekezi, S. and J. Kimani. 2002. Status of Power Sector Reform in Africa: Impact on the Poor. *Energy Policy* 30: 923–46.

Karekezi, S. and T. Ranja. 1997. *Renewable Energy Technologies in Africa*. London: Zed Books.

Kates, R.W. 2000. Population and Consumption:What We Know,What We Need to Know. *Environment* 42 (3): 10–19.

Katsumata, H. 1999. Energy Policy in Japan: New Energy and Renewable Energy. Paper presented at the Energy Expert Network Meeting, Tokyo, Japan, New Energy and Industrial Technology Development Organization.

Kauffman, H. 1999. Johnson & Johnson Strives to Implement Best Practices by 2000. In *Proceedings of the ACEEE 1999 Summer Study on Energy Efficiency in Industry*, 1–12. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Khatib, H. 2000. Energy Security. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, NY: United Nations Development Programme.

Kheshgi, H. S., R. C. Prince, and G. Marland. 2000. The Potential for Biomass Fuels in the Context of Global Climate Change: Focus on Transportation Fuels. *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 199–244.

Kinney, L. and J. Cavallo. 2000. *Refrigerator Replacement Programs: Putting a Chill on Energy Waste*. ER-00-18. Boulder, CO: Financial Times Energy, Inc.

Krewitt, W., T. Heck, A. Trukenmuller, and R. Friedrich. 1999. Environmental Damage Costs from Fossil Electricity Generation in Germany and Europe. *Energy Policy* 27: 173–183.

Krohn, S. 2002a.*Wind Energy Policy in Denmark: 25 Years of Success—What Now?* Copenhagen: Danish Wind Industry Association. www.windpower.dk/articles/whatnow.htm.

———. 2002b. *Wind Energy Policy in Denmark: Status 2002*. Copenhagen: Danish Wind Industry Association. www.windpower.dk/articles/energypo.htm.

Krugman, P. 2001. Not a Fuels Errand. *New York Times* Sept. 26. www.nytimes.com/2001/09/26/opinion/26KRUG.html.

———. 2002. Ersatz Climate Policy. *New York Times*. Feb. 15. www.nytimes.com/2002/02/15/ opinion/15KRUG.html.

Kubo, T., H. Sachs, and S. Nadel. 2001. *Opportunities for New Appliance and Equipment Efficiency Standards: Energy and Economic Savings Beyond Current Standards Programs*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Kushler, M. and P. Witte. 2001. *A Revised 50-State Status Report on Electric Restructuring and Public Benefits*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Laitner, S., S. Bernow, and J. DeCicco. 1998. Employment and Other Macroeconomic Benefits of an Innovation-led Climate Strategy for the United States. *Energy Policy* 26: 425–432.

Lal, S. 1998. Renewable Energy Market Development-Initiatives of IREDA. *IREDA News* 9 (4): 39–44.

Lamberts, R. 2001. Personal communication with Roberto Lamberts, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, Brazil.

Lazaroff, C. 2002. BP Reaches Climate Goals Eight Years Early. Environment News Service, March 12. http://ens.lycos.com/ens/mar2002/2002L-03-12-06.html.

Lee, A. D. and R. Conger. 1996. Market Transformation: Does It Work? The Super Efficient Refrigerator Program. In *Proceedings of the 1996 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 3: 69–80. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Lew, D. J., R. H. Williams, X. Shaoxiong, and Z. Shihui. 1998. Large-Scale Baseload Wind Power in China. *Natural Resources Forum* 22 (3): 165–184.

Lew, D. and J. Logan. 2001. The Answer Is Blowin' in the Wind. China Online. www.chinaonline.com.March 12.

Li, J. 1999. Clouds to the East. *Forum for Applied Research and Public Policy* Winter 1999: 55–61.

Lima, J. H. 2002. The Brazilian PRODEEM Programme for Rural Electrification Using Photovoltaics. Presentation at the Rio 02 World Climate and Energy Conference, Rio de Janeiro, January 8–10, 2002.

Loiter, J. M. and V. Norberg-Bohm. 1999. Technology Policy and Renewable Energy: Public Roles in the Development of New Energy Technologies. *Energy Policy* 27: 85–97.

London, S. J. and I. Romieu. 2000. Health Costs due to Outdoor Air Pollution by Traffic. *Lancet* 356: 782.

Lovins, A. B and L. H. Lovins. 1997. *Climate: Making Sense and Making Money*. Old Snowmass, CO: Rocky Mountain Institute.

Lovins, A. B. and B. D.Williams. 1999. *A Strategy for the Hydrogen Transition*. Old Snowmass, CO: Rocky Mountain Institute.

Lutzenhiser, L. and M. H. Grossard. 2000. Lifestyle, Status and Energy Consumption. *Proceedings of the 2000 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 8: 207–222. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Mahlman, J. D. 2001. The Long Time Scales of Human-Caused Climate Warming: Further Challenges for the Global Policy Process. Presentation at the Pew Center on Global Climate Change Workshop on the Timing of Climate Change Policies. Washington, DC, Oct. 11–12, 2001. www.pewclimate.org/events/timing_mahlman.pdf.

Margolick, M. and D. Russell. 2001. *Corporate Greenhouse Gas Reduction Targets*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.

Margolis, R. M. and D. M. Kammen. 1999. Evidence of Under-Investment in Energy R&D in the United States and the Impact of Federal Policy. *Energy Policy* 27: 575–584.

Marsh, P. A. and R. K. Fisher. 1999. It's Not Easy Being Green: Environmental Technologies Enhance Hydropower's Role in Sustainable Development. *Annual Review of Energy and the Environment* 24: 173–188.

Martin, N., E. Worrell, M. Ruth, L. Price, R. N. Elliott, A. M. Shipley, and J. Thorne. 2000. *Emerging Energy-Efficient Industrial Technologies*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Martinot, E. 1998. Energy Efficiency and Renewable Energy in Russia. *Energy Policy* 26: 905–915.

———. 2001. Renewable Energy Investment by the World Bank. *Energy Policy* 29: 689–699.

Martinot, E. and N. Borg. 1998. Energy-Efficient Lighting Programs. *Energy Policy* 26: 1071–1082.

Martinot, E. and O. McDoom. 2000. *Promoting Energy Efficiency and Renewable Energy: GEF Climate Change Projects and Impacts*. Washington, DC: Global Environmental Facility.

Martinot, E., A. Cabraal, and S. Mathur. 2000. *World Bank/GEF Solar Home Systems Projects: Experiences and Lessons Learned*. Washington, DC: World Bank.

Martinot, E., A. Chaurey, D. Lew, J. Moreira, and N. Wamukonya. 2002. Renewable Energy Markets in Developing Countries. *Annual Review of Energy and the Environment* 27 (forthcoming).

Matrosov, Y. A., M. Chao, and D. B. Goldstein. 2000. Development, Review, and Implementation of Building Energy Codes in Russia: History, Process, and Stakeholder Roles. In *Proceedings of the 2000 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 9: 275–286. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Maycock, P. 2000. The World PV Market 2000: Shifting from Subsidy to "Fully Economic?" *Renewable Energy World* 3 (4): 59–74.

———. 2001. The PV Boom: Where Germany and Japan Lead, Will California Follow? *Renewable Energy World* 4 (4): 144–163.

Mayer, R., E. Blank, and B. Swezey. 1999. *The Grassroots Are Greener: A Community Based Approach to Marketing Green Power.*Washington, DC: Renewable Energy Policy Project.

McCullough, R. 2001. Price Spike Tsunami: How Market Power Soaked California. *Public Utilities Fortnightly*. Jan. 1.

McDonald, A. and L. Schrattenholzer. 2001. Learning Rates for Energy Technologies. *Energy Policy* 29: 255–261.

McGowan, J. G. and S. R. Connors. 2000.Windpower: A Turn of the Century Review. *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 147–198.

McVeigh, D. Burtraw, J. Darmstadter, and K. Palmer. 1999.*Winner, Loser or Innocent Victim: Has Renewable Energy Performed as Expected?* Washington, DC: Renewable Energy Policy Project.

Meyers, E.M. and M. G. Hu 2001. Clean Distributed Generation: Policy Options to Promote Clean Air and Reliability. *Electricity Journal* 14 (1): 89–98.

Meyers, S. 1998. *Improving Energy Efficiency: Strategies for Supporting Sustained Market Evolution in Developing and Transitioning Countries*. LBNL-41460. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Mielnik, O. and J. Goldemberg. 2002. Foreign Direct Investment and Decoupling between Energy and Gross Domestic Product in Developing Nations. *Energy Policy* 30: 87–90.

Miller, D. and C. Hope. 2000. Learning to Lend for Off-Grid Solar Power: Policy Lessons from World Bank Loans to India, Indonesia, and Sri Lanka. *Energy Policy* 28: 87–105.

Misana, S. and G. V. Karlsson, eds. 2001. *Generating Opportunities: Case Studies on Energy and Women*. New York: United Nations Development Programme.

Mishra, S. 2000. India Wind Power Rebounding after Late-Nineties Decline. *Clean Energy Finance* 5 (1): 1, 7.

Mitchell, C. 2000. The England and Wales Non–Fossil Fuel Obligation: History and Lessons. *Annual Review of Energy and Environment* 25: 285–312.

MME [Ministry of Mines and Energy]. 1999. *Brazilian Energy Balance 2000*. Brasilia: Ministry of Mines and Energy, Republic of Brazil.

———. 2000. *Brazilian Energy Balance 2001*. Brasilia: Ministry of Mines and Energy, Republic of Brazil. www.mme.gov.br.

MNES [Ministry for Non-Conventional Energy Sources]. 2001. *Annual Report 1999–2000*. New Delhi, India: Ministry for Non-Conventional Energy Sources. www.mnes.nic.in/frame.htm?publications.htm.

Mock, J. E., J. W. Tester, and P. M. Wright. 1997. Geothermal Energy from the Earth: Its Potential Impact as an Environmentally Sustainable Resource. *Annual Review of Energy and the Environment* 22: 305–356.

Moore, C. and J. Ihle. 1999. *Renewable Energy Policy Outside the United States*. Washington, DC: Renewable Energy Policy Project.

Moore, M. 2000. How California Is Advancing Green Power in the New Millennium. *Electricity Journal* 13 (7): 72–77.

Moreira, J. R. 2000. Sugarcane for Energy: Recent Results and Progress in Brazil. *Energy for Sustainable Development* 4 (3): 43–54.

———. 2002. Personal communications with Jose Roberto Moreira, National Biomass Reference Center (CENBIO), Sa≈o Paulo, July 11, 2002.

Moreira, J. R. and J. Goldemberg. 1999. The Alcohol Program. *Energy Policy* 27: 229–245.

Moriera, J. R., J. Goldemberg, and S. T. Coelho. 2002. *Biomass Availability and Uses in Brazil.* Sa≈o Paulo: National Biomass Reference Center.

Mulugetta, Y., T. Nhete, and T. Jackson. 2000. Photovoltaics in Zimbabwe: Lessons from the GEF Solar Project. *Energy Policy* 28: 1069–1080.

Murtishaw, S. and L. Schipper. 2001. Disaggregated Analysis of U.S. Energy Consumption in the 1990s: Evidence of the Effects of the Internet and Rapid Economic Growth. *Energy Policy* 29: 1335–56.

Nadel, S. 2002. Appliance and Equipment Efficiency Standards. *Annual Review of Energy and the Environment* 27 (forthcoming).

Nadel, S. and H. Geller. 1996. Utility DSM: What Have We Learned? Where are We Going? *Energy Policy* 24: 289–302.

———. 2001. *Smart Energy Policies: Saving Money and Reducing Pollutant Emissions Through Greater Energy Efficiency*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Nadel, S. and M. Kushler. 2000. Public Benefits Funds: A Key Strategy for Advancing Energy Efficiency. *Electricity Journal* 13 (8): 74–84.

Nadel, S. and L. Latham. 1998. *The Role of Market Transformation Strategies in Achieving a More Sustainable Energy Future*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Nadel, S., J. Lin, Y. Cong, A. Hinge, and L.Wenbin. 1999. *The China Green Lights Program: A Status Report.* Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Nadel, S., L. Ranier, M. Shepard, M. Suozzo, and J. Thorne. 1998. *Emerging Energy-Saving Technologies and Practices for the Buildings Sector*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Nadel, S., W. Wanxing, P. Liu, and A. McKane. 2001. The China Motor Systems Energy Conservation Program: A Major National Initiative to Reduce Motor System Energy Use. In *Proceedings of the 2001 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry* 2: 399–413. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Nakata, T. and A. Lamont. 2001. Analysis of the Impacts of Carbon Taxes on Energy Systems in Japan. *Energy Policy* 29: 159–166.

Nakicenovic, N. 2000. Energy Scenarios. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, NY: United Nations Development Programme.

Nakicenovic, N., A. Grubler, and A. McDonald. 1998. *Global Energy Perspectives*. Cambridge, U.K: Cambridge University Press.

NARUC [National Association of Regulatory Commissioners]. 1988. *Least Cost Utility Planning Handbook for Public Utilities Commissioners*. Washington, DC: National Association of Regulatory Commissioners.

NAS [National Academy of Sciences]. 1999. *Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability*. Washington, DC: National Academy Press.

———. 2001a. *Energy Research at DOE: Was It Worth It?* Washington, DC: National Academy Press.

———. 2001b. *Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

NCLC [National Consumer Law Center]. 1995. *Energy and the Poor: The Crisis Continues*. Boston, MA: National Consumer Law Center.

NEEA [Northwest Energy Efficiency Alliance]. 2002. Sales of Efficient Lightbulbs a Bright Spot in 2001. Press Release, April 23, 2002. Portland, OR: Northwest Energy Efficiency Alliance.

Neij, L. 2001. Methods for Evaluating Market Transformation Programmes: Experience in Sweden. *Energy Policy* 29: 67–79.

Neme, C., J. Proctor, and S. Nadel. 1999. *Energy Savings Potential from Addressing Residential Air Conditioner and Heat Pump Installation Problems*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

NEPDG [National Energy Policy Development Group]. 2001. *National Energy Policy*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

NEPO [National Energy Policy Office]. 2002. *Strategic Plan for Energy Conservation in the Period 2002–2011*. Bangkok, Thailand: National Energy Policy Office.

New Energy Plaza 2001. Result of the Subsidy Program for Residential PV Systems. *New Energy Plaza* 16 (3): 13. Tokyo: New Energy Foundation.

Newman, J. 1998. Evaluation of Energy-Related Voluntary Agreements. In *Industrial Energy Efficiency Policies: Understanding Success and Failure*. Edited by N. Martin, E. Worrell, A. Sandoval, J. W. Bode, and D. Phylipsen. LBNL-42368. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

NHA [National Hydrogen Association]. 2001. *Hydrogen: The Common Thread: Proceedings of the 12th Annual U.S. Hydrogen Meeting*.Washington, DC: National Hydrogen Association.

Nilsson, L., S. Thomas, C. Lopes, and L. Pagliano. 2001. Energy Efficiency Policy in Restructuring European Electricity Markets. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 2: 298–309. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

NJDEP [New Jersey Department of Environmental Protection]. 2000. *Global Cli- mate Change and Greenhouse Gases*. Trenton, NJ: Department of Environmental Protection. www.state.nj.us/dep/dsr/gcc/gcc.htm.

Nogee, A., S. Clemmer, B. Paulos, and B. Haddad. 1999. *Powerful Solutions: Seven Ways to Switch America to Renewable Electricity*. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists.

NPPC [Northwest Power Planning Council] 1998. *Revised Fourth Northwest Conservation and Electric Power Plan*. Portland, OR: Northwest Power Planning Council.

———. 2001. *An Efficiency Power Plant in Three Years: An Interim Goal for the Northwest.* Portland, OR: Northwest Power Planning Council.

NRDC [Natural Resources Defense Council]. 2001. *Slower, Costlier and Dirtier: A Critique of the Bush Energy Plan.* Washington, DC: Natural Resources Defense Council.

NRDC [Natural Resources Defense Council] and SVMG [Silicon Valley Manufacturing Group]. 2001. *Energy Efficiency Leadership in a Crisis: How California Is Winning.* San Francisco: Natural Resources Defense Council and the Silicon Valley Manufacturing Group.

Nuijen, W.C. 1998. Long-Term Agreements on Energy Efficiency in Industry. In *Industrial Energy Efficiency Policies: Understanding Success and Failure,* 79–90. Edited by N. Martin, E. Worrell, A. Sandoval, J. W. Bode, and D. Phylipsen. LBNL-42368. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

NYS. 2001. Governor Announces Creation of Greenhouse Gas Task Force. Press Release. June 10. Albany, NY: Office of the Governor. www.state.ny.us/governor/press/year01/june10_01/htm.

NYSEPB [New York State Energy Planning Board]. 2002. *2002 State Energy Plan.* Albany, NY: New York State Energy Planning Board.

Odgaard, O. 2000. *Renewable Energy in Denmark.* Copenhagen: Danish Energy Agency.

Ogden, J. M., R. H. Williams, and E. D. Larson. 2001. *Toward a Hydrogen-Based Transportation System.* Princeton, NJ: Princeton University, Center for Energy and Environmental Studies.

Oliveira, A. et. al. 1998. *Energia e Desenvolvimento Sustentavel.* Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia.

Oliver, M. and T. Jackson. 1999. The Market for Solar Photovoltaics. *Energy Policy* 27: 371–385.

O'Neill, B.C. and M. Oppenheimer. 2002. Climate Change: Dangerous Climate Impacts and the Kyoto Protocol. *Science* 296(5575): 1971–72.

Osborn, J., C. Goldman, N. Hopper, and T. Singer. 2002. *Assessing U.S. ESCO In- dustry Performance and Market Trends: Results from the NAESCO Database Project.* LBNL-50304. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Overend, R. 2002. Personal communication with Ralph Overend, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO,May.

Pachauri, R. K. and S. Sharma. 1999. India's Achievements in Energy Efficiency and Reducing CO2 Emissions. In *Promoting Development While Limiting Greenhouse Gas Emissions: Trends and Baselines.* Edited by J. Goldemberg and W. Reid. New York, NY: United Nations Development Programme.

Padmanabhan, S. 1999. (Asia Alternative Energy Unit, The World Bank). Personal communication.March 5.

Pavan, M. 2002.What's Up in Italy? Market Liberalization, Tariff Regulation and Incentives to Promote Energy Efficiency in End-Use Sectors. *Proceedings of the 2002 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 5: 259–70. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Payne, A., R. Duke, and R. H.Williams. 2001. Accelerating Residential PV Expansion: Supply Analysis for Competitive Electricity Markets. *Energy Policy* 29: 787–800.

[PCAST] President's Committee of Advisors on Science and Technology. 1997. *Federal Energy Research and Development for the Challenges of the Twenty-First Century*. Washington, DC: Executive Office of the President, President's Committee of Advisors on Science and Technology, Panel on Energy Research and Development,

———. 1999. *Report to the President on the Federal Role in International Cooperation on Energy Innovation*. Washington, DC: President's Committee of Advisors on Science and Technology.

Petkova, E. and K. A. Baumert. 2000. *Managing Joint Implementation Work: Lessons from Central and Eastern Europe*. Washington, DC: World Resources Institute.

Phillips, K. 2002. The Company Presidency. *Los Angeles Times* Feb. 20.

Phylipsen, D., K. Blok, E.Worrell, and J. de Beer. 2002. Benchmarking the Energy Efficiency of Dutch Industry: An Assessment of the Expected Effect on Energy Consumption and CO2 Emissions. *Energy Policy* 30: 663–79.

Phylipsen, D., L. Price, E.Worrell, and K. Blok. 1999. Industrial Energy Efficiency in Light of Climate Change Negotiations: Comparing Major Developing Countries and the U.S. In *Proceedings of the 1999 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry* 193–207. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

PNAD 1999. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicilios*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica.

Pollard, V. 2001. Wind in Europe: Developments in the Policy Frameworks for Wind Energy. *Renewable Energy World* 4 (4): 88–101.

Price, L. and E. Worrell. 2000. *International Industrial Sector Energy Efficiency Policies*. LBNL-46274. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Quinlan, P., H. Geller, and S. Nadel. 2001. *Tax Incentives for Innovative Energy-Efficient Technologies (Updated)*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Rabinovitch, J. and J. Leitman. 1996. Urban Planning in Curitiba. *Scientific American* March: 46–53.

Rajsekhar, B., F. van Hulle, and J. C. Jansen. 1999. Indian Wind Energy Programme: Performance and Future Directions. *Energy Policy* 27: 669–678.

Ramakrishna, K. and O. R. Young. 1997. International Organizations in a Warming World: Building a Global Climate Regime. In *South–South North Partnership on Climate Change and Greenhouse Gas Emissions*, 13–36. Edited by S. K. Ribeiro and L. P. Rosa. Rio de Janeiro, Brazil: COPPE, Federal University of Rio de Janeiro.

Raskin, P., T. Banuri, G. Gallopin, P. Gutman, A. Hammond, R. Kates, and R. Swart. 2002. *Great Transition: The Promise and Lure of the Times Ahead*. Boston: Stockholm Environment Institute–Boston.

Ravindranath, N. H. and D. O. Hall. 1995. *Biomass, Energy and Development: A Developing Country Perspective from India*. Oxford and New York: Oxford University Press.

Ray, P. H. and S. R. Anderson. 2000. *The Cultural Creatives*. New York: Harmony Books.

Reddy, A. K. N. 1991. Barriers to Improvements in Energy Efficiency. *Energy Policy* 19: 953–961.

———. 2000. Energy and Social Issues. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, NY: United Nations Development Programme.

———. 2001. Indian Power Sector Reform for Sustainable Development: The Public Benefits Imperative. *Energy for Sustainable Development* 4 (2): 74–81.

Reddy, A. K. N., Y. P. Anand, and A. D'Sa. 2000. Energy for a Sustainable Road/Rail Transport System in India. *Energy for Sustainable Development* 4 (1): 29–44.

Reddy, A. K. N., R. H. Williams, and T. B. Johansson. 1997. *Energy after Rio: Prospects and Challenges*. New York, NY: United Nations Development Programme.

Reid,W. V. and J. Goldemberg. 1998. Developing Countries Are Combating Climate Change. *Energy Policy* 26: 233–237.

Renner, M. 2000. *Working for the Environment: A Growing Source of Jobs*. Washington, DC:Worldwatch Institute. Sept.

Rever, B. 2001. Grid-Tied Markets for Photovoltaics: A New Source Emerges. *Renewable Energy World* 4 (4): 176–189.

Rietbergen, M., J. Farla, and K. Blok. 1998. Quantitative Evaluation of Voluntary Agreements on Energy Efficiency. In *Industrial Energy Efficiency Policies: Understanding Success and Failure,* 63–78. Edited by N. Martin, E. Worrell, A. Sandoval, J. W. Bode, and D. Phylipsen. LBNL-42368. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Rogner, H.-H. 2000. Energy Resources. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: United Nations Development Programme.

Rogner, H.-H. and A. Popescu. 2000. An Introduction to Energy. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: United Nations Development Programme.

Roizenblatt, I. 2002. Personal communication with Isac Roizenblatt, Philips Lighting of Brazil, Sa≈o Paulo, Brazil. Feb.

Romm, J., A. Rosenfeld, and S. Herrmann. 1999. *The Internet Economy and Global Warming*. Annandale, VA: Center for Energy and Climate Solutions.

Roodman, D. M. 1998. *The Natural Wealth of Nations: Harnessing the Market for the Environment*. New York: W.W. Norton.

Rosillo-Calle, F. and L. Cortez 1998. Towards ProAlcool II: A Review of the Brazilian Bioethanol Programme. *Biomass and Bioenergy Policy* 14: 115–124.

Ross, M. H. and R. H.Williams. 1977. The Potential for Fuel Conservation. *Technology Review* 79: 49–58.

———. 1981. *Our Energy: Regaining Control*. New York: McGraw-Hill.

Sadler, S. 1999. *Oregon Carbon Dioxide Emission Standards for New Energy Facilities*. Salem, OR: Department of Consumer and Business Services, Office of Energy.

Sathaye, J. A. and N. H. Ravindranath. 1998. Climate Change Mitigation in the Energy and Forestry Sectors of Developing Countries. *Annual Review of Energy and the Environment* 23: 387–438.

Sawin, J. L. 2002. *Losing the Clean Energy Race: How the U.S. Can Retake the Lead and Solve Global Warming*. Washington, DC: Greenpeace USA.

Schaeffer, R. and A. S. Szklo. 2001. Future Electric Power Technology Choices in Brazil: A Possible Conflict between Local Pollution and Global Climate Change. *Energy Policy* 29: 355–370.

Schipper, L. 1991. *Life-Styles and Energy: A New Perspective*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Schipper, L., R. B. Howarth, and H. Geller. 1990. United States Energy Use from 1973 to 1987: The Impacts of Improved Efficiency. *Annual Review of Energy* 15: 455–504.

Schipper, L., F. Unander, S. Murtishaw, and M. Ting. 2001. Indicators of Energy Use and Carbon Emissions: Explaining the Energy Economy Link. *Annual Review of Energy and the Environment* 26: 49–82.

Schneider, S. H. and C. Azar. 2001. Are Uncertainties in Climate Change and Energy Systems a Justification for Stronger Near-Term Mitigation Policies? Presentation at the Pew Center on Global Climate Change Workshop on the Timing of Climate Change Policies. Washington, DC, Oct. 11–12, 2001. www.pewclimate.org/events/timing_azar_schneider.pdf.

Scholand, M. 2002. Compact Fluorescents Set Record. In *Vital Signs 2002,* 46–47. Edited by L. Starke. New York:W.W. Norton.

Scullion, M. 2001. *Digest of United Kingdom Energy Statistics 2001*. London: Stationary Office. www.dti.gov.uk/epa/digest01.

Seattle 2001. Climate Change. www.cityofseattle.net/light/climatechange.

Shailaja, R. 2000.Women, Energy and Sustainable Development. *Energy for Sustainable Development* 4 (1): 45–64.

Sheehan, M. O. 2001. Making Better Transportation Choices. In *State of the World 2001,* 103–122. Edited by L. Starke. New York:W.W. Norton.

Shepard, M. 2001. *Green Money: Compensating Efficiency and Renewable Energy for their Environmental Benefits*. Boulder, CO: E Source.

Shoda, T. 1999. Outlook for Introduction of Renewable Energy Sources in Japan. *Energy Policy* 27 (1): 57–68.

Shoengold, D. 2001. Personal communication based on data reported by utilities to the Federal Energy Regulatory Commission in FERC Forms 759, 767, and 861.Middleton, WI: MSB Energy Associates.

Shorey, E. and T. Eckman. 2000. *Appliances and Global Climate Change*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.

Short, W. 2002. Renewable Energy Technologies: Progress, Markets, and Industries. Presentation at the 2nd Renewable Energy Analysis Forum, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO,May 29, 2002.

Shukla, P.R., D. Ghosh, W. Chandler, and J. Logan. 1999. *Developing Countries and Global Climate Change: Electric Power Options in India*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.

Simm, I., A. Haq, and V.Widge. 2000. Solar Home Systems in Kenya. *Renewable Energy World* 3 (6): 46–53.

Singh, V. 2001. *The Work That Goes Into Renewable Energy*. Washington, DC: Renewable Energy Policy Project. Nov.

Sinton, J. E. and D. G. Fridley 2000.What Goes Up: Recent Trends in China's Energy Consumption. *Energy Policy* 28: 671–687.

Sinton, J. E., M. D. Levine, and W. Qingyi. 1998. Energy Efficiency in China: Accomplishments and Challenges. *Energy Policy* 26: 813–830.

Smil, V. 2000. Energy in the Twentieth Century: Resources, Conversions, Costs, Uses, and Consequences. *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 21–51.

Smith, K. R., G. Shuhua, H. Kun, and Q. Daxiong. 1993. One Hundred Million Improved Cookstoves in China: How Was It Done? *World Development* 21: 941–961.

Soares, J. B., A. S. Szklo, and M. T. Tolmasquim. 2001. Incentive Policies for Natural Gas-fired Cogeneration in Brazil's Industrial Sector—Case Studies: Chemical Plant and Pulp Mill. *Energy Policy* 29: 205–215.

Socolow, R. H. 1977. The Coming Age of Conservation. *Annual Review of Energy* 2: 239–289.

Spalding-Fecher, R., A. Williams, and C. van Horen. 2000. Energy and Environment in South Africa: Charting a Course to Sustainability. *Energy for Sustainable Development* 4 (4): 8–17.

Sperling, D. and D. Salon. 2002. *Transportation in Developing Countries: An Overview of Greenhouse Gas Reduction Strategies*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.

Stoft, S., J. Eto, and S. Kito. 1995. *DSM Shareholder Incentives: Current Design and Economic Theory*. LBL-36580. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

Strachan, N. and H. Dowlatabadi. 2002. Distributed Generation and Distributed Utilities. *Energy Policy* 30: 649–61.

Streets, D. G., K. Jiang, X. Hu, J. E. Sinton, X.-Q. Zhang, D. Xu, M. Z. Jacobson, and J. E. Hansen. 2001. Recent Reductions in China's Greenhouse Gas Emissions. *Science* 294: 1835–1836.

Strickland, C. and R. Sturm. 1998. Energy Efficiency in World Bank Power Sector Policy and Lending: New Opportunities. *Energy Policy* 26: 873–884.

Suarez, C. E. 1999. Argentina's Ongoing Efforts to Lower Greenhouse Gas Emissions. In *Promoting Development While Limiting Greenhouse Gas Emissions: Trends and Baselines*. Edited by J. Goldemberg and W. Reid. New York: United Nations Development Programme.

Suozzo, M. and J. Thorne. 1999. *Market Transformation Initiatives: Making Progress*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Swisher, J. N., G. M. Jannuzzi, and R. Y. Redlinger. 1997. *Tools and Methods for Integrated Resource Planning: Improving Energy Efficiency and Protecting the Environment*. Roskilde, Denmark: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment.

Tabosa, R. 1999. Personal communication with Ronaldo Tabosa, PROCEL, Eletrobrás, Rio de Janeiro, Brazil.

Tellus Institute 1999. *Putting the Brakes on Sprawl: Innovative Transportation Solutions from the U.S. and Europe*. Boston: Tellus Institute.

TERI [Tata Energy Research Institute]. 2002. *Renewable Energy Power: An Indian Perspective*. New Delhi: Tata Energy Research Institute. www.teriin.org/opet/articles/art10.htm

Thigpen, S., A. Fanara, A. ten Cate, P. Bertoldi, and T. Takigawa. 1998. Market Transformation Through International Cooperation: The ENERGY STAR® Office Equipment Example. In *Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Thorne, S. and E. L. LaRovere. 1999. Criteria and Indicators for Appraising Clean Development Mechanism (CDM) Projects. Paris: Helio International.

Timilsina, G., T. Lefevre, and S. K. N. Uddin. 2001. New and Renewable Energy Technologies in Asia. *Renewable Energy World* 4 (4): 52–67.

Tolmasquim, M. T. 2001. As Origens da Crise Energetica Brasileira. *Revista Ambiente e Sociedade* 3 (6/7): 179–184.

Tolmasquim, M. T., L. P. Rosa, A. S. Szklo, M. Schuller, and M. A. Delgado. 1998. *Tendencias da Eficiencia Eletrica no Brasil*. Rio de Janeiro: ENERGE/Eletrobrás.

Tolmasquim, M. T. and A. S. Szklo. 2000. *A Matriz Energetica Brasileira na Virada do Milenio*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ and ENERGE.

Turkenburg, W. C. 2000. Renewable Energy Technologies. In *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: United Nations Development Programme.

UCCEE [UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment]. 2001. UCCEE–UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment. Roskilde, Denmark: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment. www.uccee.org/about.htm.

UCS [Union of Concerned Scientists]. 2001. *Renewable Portfolio Standards at Work in the States*. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists. www.ucsusa.org/energy/fs_state_rps.html.

———. 2002. *Energy Security: Solutions to Protect America's Power Supply and Reduce Oil Dependence*. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists.

UNDP [United Nations Development Programme]. 2000. *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. New York: United Nations Development Programme.

———. 2001. UNDP Energy for Sustainable Development. New York: United Nations Development Programme. www.undp.org/seed/eap/About/About.html.

UNFPA [United Nations Population Fund]. 2001. *The State of World Population 2001*. New York: United Nations Population Fund.

Urbanchuk, J. M. 2001. *An Economic Analysis of Legislation for a Renewable Fuels Requirement for Highway Motor Fuels*.Washington, DC: Renewable Fuels Association.

Van Luyt, P. 2001. LTA's and the Recent Covenant Benchmarking Energy Efficiency Agreements in the Netherlands. Presentation at the IEA Workshop on Government-

Industry Cooperation to Improve Energy Efficiency and the Environment through Voluntary Action, Washington, DC, Feb. 22.

www.iea.org/workshop/gov/govpvlf.pdf.

Vehmas, J., J. Kaivo-oja, J. Luukkanen, and P. Malaska. 1999. Environmental Taxes on Fuels and Electricity–Some Experiences from the Nordic Countries. *Energy Policy* 27: 343–355.

Verani, A., C. Nielsen, and P. Covell. 1999. PV Powers Rural Communities. *Solar Today* May/June: 30–33.

Villaverde, V. 2001. Personal communication with Victor Villaverde, PROCEL, Eletrobrás, Rio de Janeiro. Nov.

Vine, E. 2000. Promoting Emerging Energy-Efficiency Technologies and Practices by Utilities in a Restructured Energy Industry: A Report from California. In *Proceedings of the 2000 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 9: 383–394. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Vine, E. and D. Crawley. 1991. *State of the Art of Energy Efficiency: Future Directions*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Vivier, J. and M. Mezghani. 2001. The Millennium Cities Database: A Tool for Sustainable Mobility. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 1: 474–479. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

Volpi, G. 2000. Taking the Road to Renewables? Strengths and Weaknesses of the Draft European Renewables Directive. *Renewable Energy World* 3 (6): 90–97.

Vongsoasup, S., P. Sinsukprasert, P. du Pont, and T. Hernoe. 2002. Piloting the Way to a More Effective Energy Strategy: Thailand's Simplified Subsidy and Finance Initiatives. In *Proceedings of the ACEEE 2002 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 4: 351–364. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Wachsmann, U. and M. T. Tolmasquim. 2002.Windpower in Brazil: A Transition Using the German Experience. Presentation at the Rio-02 World Climate and Energy Conference. Rio de Janeiro, January 8–10, 2002.

Wagner, A. 2000. Set for the 21st Century: Germany's New Renewable Energy Law. *Renewable Energy World* 3 (2): 73–83.

Waide, P. 2001. Findings of the Cold II SAVE Study to Revise Cold Appliance Energy Labeling and Standards in the EU. In *Proceedings of the 2001 ECEEE Summer Study* 2: 376–389. Paris: European Council for an Energy-Efficient Economy.

Watson, R. T., J. A. Dixon, S. P. Hamburg, A. C. Janetos, and R. H. Moss. 1998. *Protecting Our Planet Securing Our Future: Linkages among Global Environmental Issues and Human Needs*. Nairobi: United Nations Environment Programme.

Weiss, I. and P. Sprau. 2002. 100,000 roofs and 99 Pfenning: Germany's PV Financing Schemes and the Market. *Renewable Energy World* 5 (1).

WHO 1997. *Air Quality Guidelines*. Washington, DC: World Health Organization.

Wiel, S. and J. E. McMahon. 2001. *Energy-Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting*. Washington, DC: Collaborative Labeling and Appliance Standards Program.

Wiel, S., J. Busch, C. Sanchez, J. Deringer, E. Fernandez, and M. Companano. 1998. Implementing Energy Standards for Motors and Buildings in the Philippines. In *Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* 5: 339–5:350.Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Wilkinson, C. F. 1992. *Crossing the Next Meridian: Land,Water, and the Future of the West.* Washington, DC: Island Press.

Williams, R. H 2000. Advanced Energy Supply Technologies. In *World Energy ssessment: Energy and the Challenge of Sustainability.* New York: United Nations Development Programme.

———. 2002. *Facilitating Widespread Deployment ofWind and Photovoltaic Technologies.* Princeton, NJ: Princeton University, Center for Energy and Environmental Studies.

Winrock International 1999. *Trade Guide on Renewable Energy in Brazil.* Washington, DC: U.S. Agency for International Development.

Wooley, D. R. 2000. A *Guide to the Clean Air Act for the Renewable Energy Community.* Washington, DC: Renewable Energy Policy Project.

World Bank, The. 1997. *Can the Environment Wait? Priorities for East Asia.*Washington, DC:World Bank.

———. 1998. *Fuel for Thought: A New Environmental Strategy for the Energy Sector.* October 22 draft. Washington, DC: World Bank, Environment and Energy, Mining and Telecommunications Departments.

———. 2000. The World Bank Asia Alternative Energy Program (ASTAE) Status Report 8.Washington, DC: World Bank. www.worldbank.org/astae/astaestatusreport8.pdf.

Worrell, E., N. Martin, and L. Price. 1999. *Energy Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Industry.* LBNL-41724. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.

WRI [World Resources Institute]. 1998. *World Resources 1998–99.* New York: Oxford University Press.

Wright, L. L. and L. A. Kszos. 1999. Bioenergy Status and Expansion in the United States. *Proceedings of the Third IEA Bioenergy Meeting.* Paris: International Energy Agency.

Wyman, C. E. 1999. Biomass Ethanol: Technical Progress, Opportunities, and Commercial Challenges. *Annual Review of Energy and the Environment* 24: 189–226.

Xcel Energy 2001. Denver: Colorado's Second Commercial Wind Farm Debuts. Press Release. Xcel Energy. www.xcelenergy.com/NewsRelease/news Release101601.asp.

Yergin, D. 1991. *The Prize: The Epic Quest for Oil, Money and Power.* New York: Simon and Schuster.

Zhang, C., M. M. May, and T. C. Heller. 2001. Impact of Global Warming of Development and Structural Changes in the Electricity Sector of Guangdong Province, China. *nergy Policy* 29: 179–204.

Zhang, Z. X. 1999. Is China Taking Actions to Limit Its Greenhouse Gas Emissions? Past Evidence and Future Prospects. In *Promoting Development While Limiting Greenhouse Gas Emissions: Trends and Baselines*, 45–58. Edited by J. Goldemberg and W. Reid. New York: United Nations Development Programme.

ثورة الطاقة

نحو مستقبل مستدام

يعنى هذا الكتاب بمناقشة ثلاث مقولات أساسية: أولاها أن سيناريو الطاقة الحالي غير مستدام، وبدلاً من أن يوفر أساساً للتنمية للأجيال القادمة، فإنه يشكل خطراً عليها؛ فالاعتماد المتزايد على الوقود الأحفوري يؤدي إلى أضرار بيئية جسيمة، ونضوب سريع للنفط، ناهيك عن التوترات الدولية المرتبطة بالتنافس على إمداداته. أما المقولة الثانية فهي أن ثورة الطاقة ليست فقط ممكنة، ولكنها أيضاً مطلوبة، ويمكن تحقيقها من خلال تحسين كفاءة الطاقة، والاعتماد المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة، كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية. والمقولة الثالثة أنه من الممكن التغلب على العوائق التي تعترض ثورة الطاقة، باعتماد سياسات عامة تستثمر النجاحات التي تحققت بالفعل في مجالات تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، إضافة إلى تضافر الجهود العالمية من أجل مستقبل مستدام للطاقة.

يبسط المؤلف ملامح الوضع الراهن للطاقة العالمية، وتقنياتها ا... وأنماط استخدامها، ويستعرض تجارب الدول المتقدمة والنامية؛ كالو... المتحدة، والدنمارك، وبريطانيا، والصين، والهند، والبرازيل، التي تم... باعتماد مزيج السياسات المناسب، من التغلب على قيود سيناريو ... الراهن، والاستفادة من ثورة الطاقة، والمساهمة في خلقها. ويناقش مستـ... الطاقة بين السيناريو الراهن وسيناريو الطاقة النظيفة، ليخلص إلى تو... مهمة، تحقق بعضها بالفعل؛ مثل تأسيس منظمة عالمية للطاقة المتجددة.

ISBN 978-9948-14-164-8

